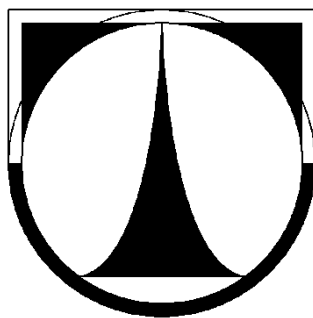


TECHNICKÁ UNIVERZITA V LIBERCI  
Fakulta strojní



Diplomová práce

**2012**

Martin Tyr

Fakulta strojní

Katedra výrobních systémů

Obor: Výrobní systémy

Zaměření: Pružné výrobní systémy pro strojírenskou výrobu

**Návrh layoutu nové výrobní haly firmy KSM Castings CZ a.s.**

**A proposal for manufacturing layout in new factory building, KSM  
Castings CZ a.s.**

KVS - OS - 219

VS

Martin Tyr

Vedoucí práce: doc. Dr. Ing. František Manlig

Konzultant: Ing. Vavruška

Ing. Jiří Crha, Ing. Libor Junek- KSM Castings CZ a.s.

Počet stran: 60

Počet příloh: 9

Počet obrázků : 24

Počet tabulek 11

Počet modelů

nebo jiných příloh: 0

V Liberci 24.5.2012

## **Zadání diplomové práce**

**TÉMA: NÁVRH LAYOUTU NOVÉ VÝROBNÍ HALY FIRMY KSM  
CASTINGS CZ A.S.**

Tato diplomová práce se zabývá návrhem layoutu nové výrobní haly pro firmu KSM Castings CZ a.s. Obsahuje popis současného stavu výrobních objektů firmy. Důraz je kladen na zákazníkem požadovanou skupinu výrobků. U těchto výrobků je zmapován celý výrobní proces a provedena analýza současného stavu, která je zaměřena především na materiálový tok.

Na základě této analýzy a zadaných požadavků jsou vypracovány návrhy layoutu nové výrobní haly, včetně detailního řešení pracovišť. Na základě rozboru těchto vypracovaných návrhů je vybráno nejvhodnější řešení, které je uvedeno v závěru práce.

**THEME: A PROPOSAL FOR MANUFACTURING LAYOUT IN NEW  
FACTORY BUILDING, KSM CASTING CZ a.s.**

This thesis pursues a proposal for new manufacturing layout for KSM Casting CZ a.s. It contains description of company's present state of manufactural sections. The main focus is set on group of products which are demanded by consumers. On these products, the whole productional process is sketched and analysis of contemporary state is generated, aiming especially on material flow.

Based upon this analysis and given requirements, a proposal for new manufacturing layout is designed, including detailed resolution for organizing workshops. Considering studies of all proposed options, the most suitable solution is worked out and interpreted at the close of this thesis.

Desetinné třídění:

Klíčová slova: layout, výrobní hala, materiálový tok, slévárna

Zpracovatel: TU v Liberci, Fakulta strojní, Katedra výrobních systémů

Dokončeno: 2012

Archivní označení zprávy:

Počet stran: 60

Počet příloh: 9

Počet obrázků: 24

Počet tabulek: 11

## **Prohlášení**

Byl jsem seznámen s tím, že na mou diplomovou práci se plně vztahuje zákon č. 121/2000 Sb., o právu autorském, zejména § 60 – školní dílo.

Beru na vědomí, že Technická univerzita v Liberci (TUL) nezasahuje do mých autorských práv užitím mé diplomové práce pro vnitřní potřebu TUL.

Užiji-li diplomovou práci nebo poskytnu-li licenci k jejímu využití, jsem si vědom povinnosti informovat o této skutečnosti TUL; v tomto případě má TUL právo ode mne požadovat úhradu nákladů, které vynaložila na vytvoření díla, až do jejich skutečné výše.

Diplomovou práci jsem vypracoval samostatně s použitím uvedené literatury a na základě konzultací s vedoucím diplomové práce a konzultantem.

Datum .....

Podpis .....

## **Poděkování**

Touto cestou bych rád poděkoval firmě KSM Castings CZ a. s. za umožnění spolupráce a konzultantům z této firmy Ing. Jiřímu Crhovi a Ing. Liboru Junkovi za věnovaný čas, odborné rady a poskytnuté informace. Dále děkuji vedoucímu diplomové práce panu Doc. Dr. Ing. Františkovi Manligovi a konzultantovi Ing. Janu Vavruškovi za pozornost, kterou věnovali mé práci a za jejich odborné rady při vypracování této diplomové práce. Také děkuji rodině a blízkým za pomoc a podporu, kterou mi projevovali po celou dobu studia.

## Obsah

1	Úvod.....	9
	Teoretická část .....	11
2	DMAIC .....	11
3	Layout .....	12
3.1	Uspořádání pracovišť .....	13
3.1.1	Technologické uspořádání .....	13
3.1.2	Předmětné uspořádání.....	14
3.1.3	Uspořádání typu výrobní buňka.....	15
4	Analýza a vytváření materiálového toku .....	16
4.1.1	Grafické metody .....	17
4.1.2	Matematické metody.....	17
4.1.3	Projektování materiálového toku .....	18
5	Bezpečnost a ochrana zdraví při práci .....	19
5.1	Hygiena práce.....	19
5.1.1	Osvětlení .....	19
5.1.2	Hluk .....	20
5.1.3	Vibrace.....	20
5.1.4	Mikroklima .....	21
5.1.5	Chemické látky .....	22
5.2	Manipulační ulička.....	22
5.2.1	Průchodové uličky .....	22
5.2.2	Manipulační ulička .....	23
5.2.3	Manipulační ulička pro zakládání jednotek do regálů a stohů.....	23
	Praktická část .....	24
6	Představení firmy .....	24
7	Zadání projektu .....	26

8	Analýza současného stavu .....	28
8.1	Výrobní prostory .....	29
8.2	Analýza materiálového toku .....	32
8.3	Představení dílů 296 / 297 .....	33
8.3.1	Balení dílů 296 / 297 .....	34
8.4	Současný stav - díl 296 / 297 .....	35
8.4.1	Jednotlivé operace - díl 296 / 297 .....	35
8.4.2	Materiálový tok - díl 296 / 297 .....	39
8.4.3	Materiálový tok – detail obrobny díl 296 / 297 .....	40
8.5	Rozbor analýzy současného stavu.....	42
9	Strojní vybavení .....	43
10	Požadavky na plochy nevýrobních prostor .....	43
11	Kapacitní výpočty .....	44
12	Návrh .....	46
12.1	Volba uspořádání pracovišť.....	47
12.2	Návrh půdorysu výrobní haly .....	47
12.3	Návrh pracovišť .....	48
12.3.1	Slévárna .....	48
12.3.2	Obrobna .....	49
12.4	Návrh variant layoutu .....	53
12.4.1	Varianta 1.....	54
12.4.2	Varianta 2.....	55
12.4.3	Varianta 3.....	56
12.5	Vyhodnocení variant .....	57
13	Závěr .....	58
14	Použitá literatura .....	59
15	Seznam příloh .....	60



## **Seznam použitých zkratek a pojmů**

PDCA	Cyklus zlepšení (Plan, Do, Check, Act)
SMART	Pomůcka pro stanovení cílů (specifikovaný, měřitelný, dosažitelný, realistický, časově ohraničený)
SixSigma	Strategie řízení
FiFo	Systém vyskladňování (First In First Out)

## **1 Úvod**

Konkurenceschopnost firmy se v dnešní době odvíjí od schopnosti pružně reagovat na požadavky zákazníka. Cílem každé firmy by mělo být požadavky svých zákazníků uspokojit. Proto, aby firma KSM Castings CZ a.s. naplnila potřeby svých zákazníků, se rozhodla zvýšit výrobní kapacity výstavbou nové výrobní haly.

Tato diplomová práce se zabývá návrhovou studií nové výrobní haly, která má být vybudována v roce 2014 jako samostatná výrobní jednotka v areálu firmy v Hrádku nad Nisou. Rozšíří tak podnik o další výrobní halu, ve které bude obsažen celý výrobní proces od chvíle, kdy do ní vstoupí hliníkové housky, přes jejich roztavení v prostorách tavírny, tlakové lití v části slévárny, následnou apretaci a finální obrobení, až po expedici hotových dílů. V neposlední řadě nová hala poskytne prostory pro nástrojárnu, údržbu, kontrolu kvality, administrativní prostory, ale i zázemí pro zaměstnance.

## **Cíle diplomové práce**

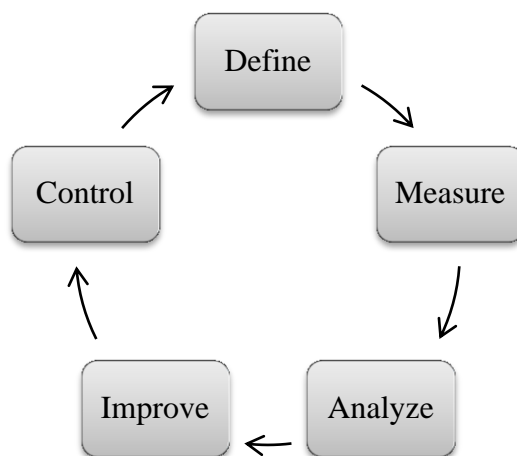
Cílem této diplomové práce byl návrh layoutu nové výrobní haly firmy KSM Castings a.s. pro výrobu dílů 296 / 297 a nových dílů z této výrobkové rodiny. Provést analýzu současného stavu a na základě získaných informací vytvořit návrhy nové výrobní haly. Tyto návrhy řešit tak, aby bylo dosaženo optimálního materiálového toku a byly splněny požadavky oddělení technologie na umístění strojního vybavení a zároveň plošné požadavky na nevýrobní prostory ostatních oddělení firmy. Z takto vypracovaných návrhů vybrat vhodné řešení k realizaci.

## Teoretická část

Tato část je zaměřena na seznámení s metodami a nástroji štlhlé výroby, které byly využity v praktické části této diplomové práce.

## 2 DMAIC

Je jedna z hlavních metod využívaných ve strategii Six Sigma. Jedná se o metodu využívanou při zavádění změny nebo řízení projektu. Vyvinula se na základě rozvoje neustálého zlepšování, požadavku vyšší kvality, bezpečnosti a ochrany životního prostředí. Metoda DMAIC vznikla jako alternativa za již nedostačující PDCA cyklus. Tato metoda definuje 5 fází, kterými je nutné postupně projít, aby bylo dosaženo zlepšení. [7]



Obr. 1 DMAIC [7]

- **Define – definovat**

V první fázi je potřeba získat informace, popsat proces který má být zlepšen, definovat cíle, určit tým pracovníků a jejich odpovědnosti, vytvořit plán jednotlivých činností a časový harmonogram. Na konci této fáze bychom měli mít jasně definované (SMART) cíle. [7]

- **Measure – měřit**

V této fázi probíhá sběr dat, která ukáží příležitosti následného zlepšení a zároveň slouží jako ukazatele zlepšení. Je potřeba nejprve definovat systém sběru dat a vhodně vybrat měřené ukazatele, aby bylo možné doložit plnění cílů. Výsledkem této fáze je plán sběru dat, validovaný systém měření a vhodné vzorky pro následnou analýzu. [5]

- **Analyze – analyzovat**

Nyní je potřeba provést důkladnou analýzu získaných dat, najít skutečný potenciál pro zlepšení a určit konkrétní příčiny problému. Na konci této fáze bychom měli znát příležitosti pro zlepšení a příčiny, které vedou k příležitostem pro zlepšení. [7]

- **Improve – zlepšovat**

V této fázi vytvoříme jednotlivé návrhy vedoucí ke zlepšení, přičemž musíme mít na mysli, že základem zlepšení je odstranění skutečné příčiny. Po výběru a ověření nejlepšího řešení nastavíme nové parametry procesu tak, aby došlo k uspokojení interního i externího zákazníka. Cílem této fáze je vytvoření plánu, následná implementace nejlepšího řešení, ověření zlepšení a příprava na fázi řízení. [7]

- **Control - řídit**

Pokud se nám povedlo v předchozích krocích odstranit problémy a dosáhnout zlepšení, je zapotřebí změny zavést a standardizovat do procesu. Důležité je přesvědčit se a také dále sledovat, zda jsou změny uplatňovány, abychom zabránili zpětnému efektu.

Metodu DMAIC je možné použít ve všech oborech, kde je zapotřebí zlepšit stávající stav nebo proces. Pro dosažení lepších výsledků můžeme metodu libovolněkrát opakovat, přičemž v každém cyklu dosáhneme zlepšení. [7]

### **3 Layout**

Plán prostorového uspořádání jednotlivých pracovišť, výrobních hal a celých výrobních areálů, při jehož tvorbě je potřeba zohlednit mnoho faktorů a kritérií, které ovlivňují finální rozmístění. [2]

Před tím než začneme vytvářet nový layoutu je potřeba získat množství informací. Důležitými parametry jsou: požadovaná nosnost podlahy, výška haly, požadavky na odpadové hospodářství, elektrorozvody, rozvody vody a plynů...

Prostorové nároky vychází především ze zástavbových rozměrů jednotlivých strojů a zařízení. Dále pak z potřeb skladovacích a manipulačních ploch, které jsou ovlivněny typem výroby, systémem řízení, manipulační technikou, atd. Další prostor vyžadují administrativní prostory, sociální zařízení a zázemí pro zaměstnance, přičemž všechny

tyto prostory musí být v souladu s právní legislativou (požární směrnice, šířka dopravních cest, atd.).

Neobejdeme se bez technologických postupů, které nám určí posloupnost a vazby mezi jednotlivými pracovišti. Další potřebné informace nám poskytne analýza materiálového toku, systému zásobování a odvozu odpadu.

Při návrhu nového layoutu je vhodné postupovat například podle cyklu DMAIC a vždy navrhnout několik variant, z nich následně vybrat vhodného kandidáta podle námi zvolených kritérií.

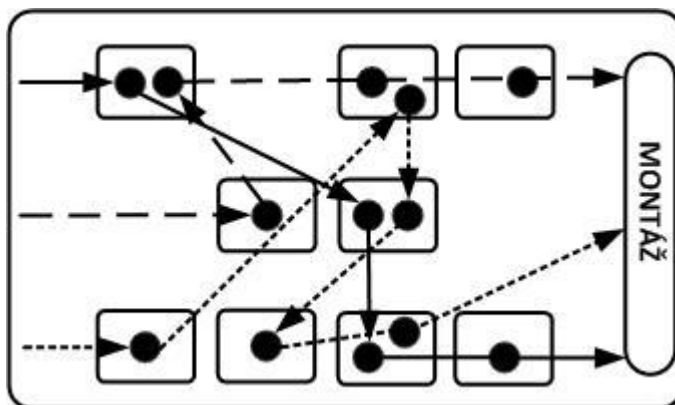
#### **Možná kritéria pro hodnocení layoutu:**

- přepravované množství materiálu, vzdálenost a trasa
- velikost potřebných zásob
- náklady na realizaci
- velikost zastavěných ploch
- flexibilita layoutu

### **3.1 Uspořádání pracovišť**

#### **3.1.1 Technologické uspořádání [2]**

Při tomto typu uspořádání jsou seskupeny pracoviště se stejným nebo podobným technologickým charakterem. Vznikají tak výrobní úseky, z jejichž názvů je patrné, o který druh technologie se jedná (Slévárna, Obrobna, Lisovna, Kovárna, Balení a Expedice, atd.)



**Obr. 2 Technologické uspořádání [2]**

### **Výhody:**

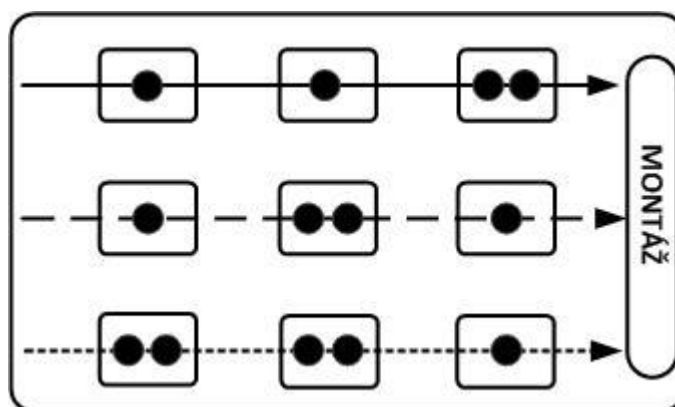
- zaměnitelnost výrobních zařízení v případě poruchy
- snadné využití kooperace v případě nedostatku kapacit
- snadnější údržba a opravy
- vyšší přizpůsobitelnost při změně výrobního programu
- lepší využití kapacit výrobních strojů a zařízení

### **Nevýhody:**

- dlouhé přepravní vzdálenosti
- větší rozpracovanost výroby a horší přehlednost
- potřeba meziskladů
- náročnější plánování a řízení výroby
- potřeba univerzálních výrobních zařízení

### **3.1.2 Předmětné uspořádání [2]**

V tomto případě jsou seskupeny pracoviště podle technologického postupu daného skupiny výrobku. Vznikne řazením technologicky odlišných pracovišť podle sledu technologických operací, výrobek prochází nejkratší cestou z jednoho pracoviště na druhé. Uspořádání najde využití v hromadné a sériové výrobě.



**Obr. 3 Předmětné uspořádání [2]**

**Výhody:**

- snížení nákladů na dopravu a manipulaci
- zpřehlednění materiálového toku a zjednodušení řízení výroby
- menší objem rozpracované výroby
- zkrácení průběžné doby výroby

**Nevýhody:**

- snížení pružnosti výroby
- velká citlivost na poruchy
- náročnost na synchronizaci časů jednotlivých operací

**3.1.3 Uspořádání typu výrobní buňka [1]**

Kombinuje výhody obou předchozích variant. Je založeno na předmětném uspořádání s možností změny uspořádání podle typu výrobku. Cílem buňkového uspořádání je plynulý materiálový tok a možnost flexibilně reagovat na požadavky zákazníka. Nejznámější uspořádání buňky je do tvaru písmene U.

**Přínosy:**

- lepší využití výrobních kapacit a prostoru
- snížení množství rozpracované výroby
- možnost změny výrobního programu
- možnost změny počtu operátorů (vícestrojová obsluha)
- zpřehlednění a zjednodušení procesu
- rychlá reakce na požadavky zákazníka
- zjednodušení řízení výroby

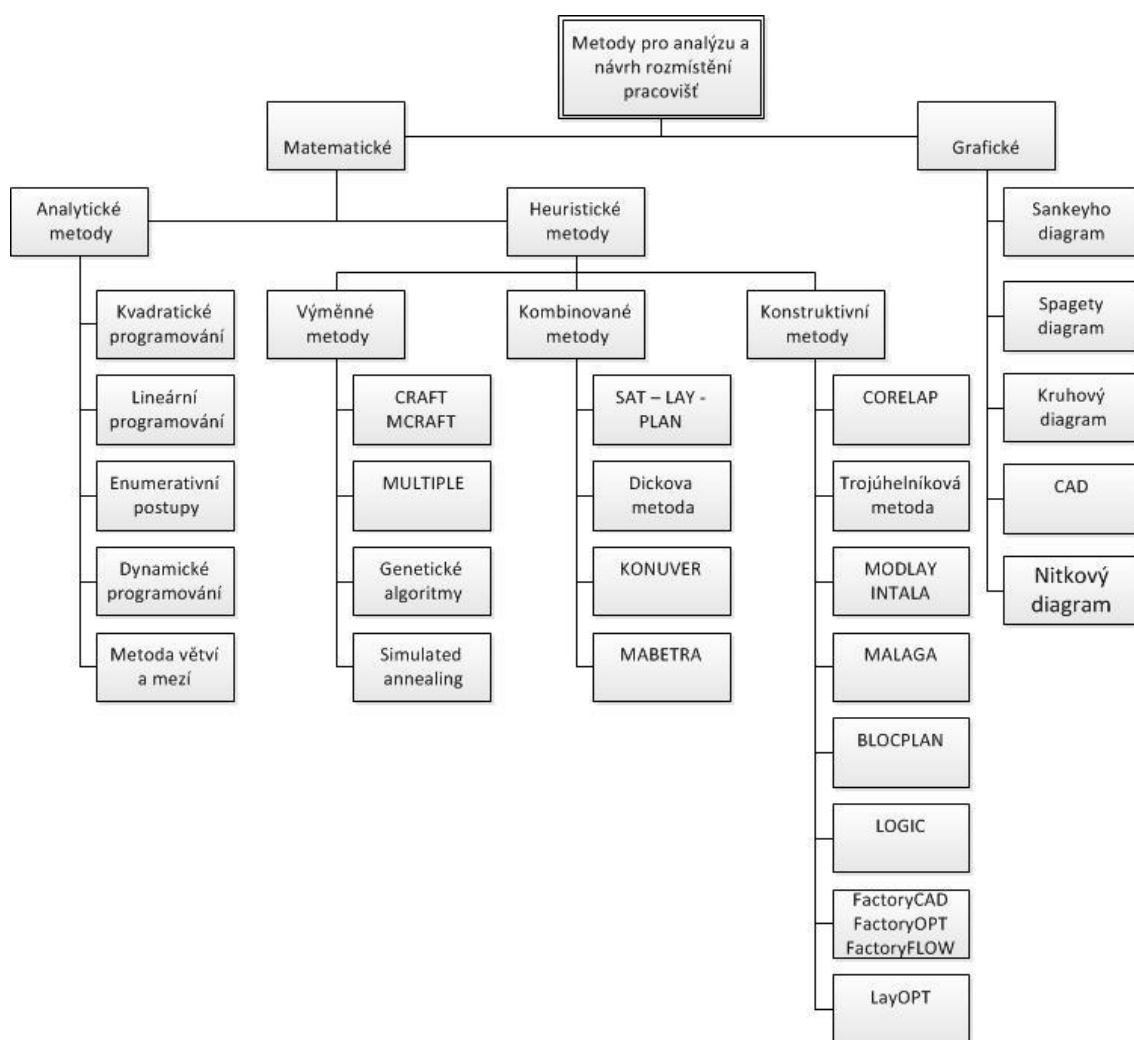


## 4 Analýza a vytváření materiálového toku

Cílem štihlé výroby je zajistit plynulý materiálový tok bez zbytečného křížení a prostojů. Naší snahou je dosáhnout co nejkratších průběžných časů výroby s co nejnižšími možnými zásobami. [6]

Analýza a vytváření materiálového toku je soubor metod znázornění toku materiálu a vazeb mezi jednotlivými pracovišti výrobního i logistického systému. Tato metoda nám poskytuje podklady pro návrh a úpravu rozmístění jednotlivých pracovišť.

Metody dělíme na grafické pro řešení jednoduchých a matematické pro řešení složitých úloh. Matematické metody dále dělíme na analytické a heuristické. Celé dělení těchto metod je zobrazeno na obr. 4.



Obr. 4 Analýza materiálového toku [6]

## 4.1 Grafické metody [6]

*Sankeyho diagram* – znázornění materiálového toku mezi jednotlivými stanovišti zakreslené přímo do situačního schématu pracoviště, kde šířka čáry znázorňuje intenzitu materiálového toku a délka vzdálenost přepravy.

*Špagety diagram* – znázornění materiálového toku nebo pohybu pracovníků přímo do schématu layoutu. Každý realizovaný pohyb za určitý časový úsek je symbolizován jednou čarou.

*Kruhový diagram* – Tato metoda je založena na matematickém vztahu (1): suma součinů přepravovaného objemu  $G_i$  a vzdálenosti  $a_i$ , která musí být minimální.

$$\sum_{i=1}^n G_i \cdot a_i = \min. \quad (1)$$

Po převrácení předchozího vztahu (1) získáme velikost poloměru kružnice (2), na jejímž obvodu by se měl nacházet objekt.  $M$  je měřítko zvolené dle rozměrů konkrétního místa.

$$a_i = \frac{1}{G_i} \cdot M \quad (2)$$

V první fázi této metody nehledáme konkrétní místo, ale pouze vzájemnou polohu jednotlivých objektů. Každým objektem prochází tolik kružnic, kolik je v tomto místě materiálových toků. Tato metoda je vhodná při hledání centrálních objektů. Při její aplikaci využíváme šachovnicovou tabulku (viz. níže Další pomůcky).

*Nitkový diagram* – znázornění materiálového toku z jednoho pracoviště na druhé. Znázorňuje se přímou spojnici z bodu do bodu.

## 4.2 Matematické metody [6]

*Analytické metody* – jsou metody lineárního a nelineárního programování, které vyžadují velký výpočetní výkon. Problémem těchto metod je špatná interakce s projektantem.

*Hueristické metody* – můžeme rozdělit na *výměnné* a *konstruktivní*. *Výměnné metody* jsou v dnešní době nejrozšířenějšími, umožňují nám zlepšovat řešení. Jsou založeny na postupné kombinaci objektů a hledání minimálního přepravovaného výkonu, minimální zastavěné plochy a další. *Konstruktivní metody* využívají tabulku vztahů

a šachovnicovou tabulku. Začíná se umístěním objektu s nejsilnějšími vazbami, ke kterému se přidávají další podle síly vazeb.

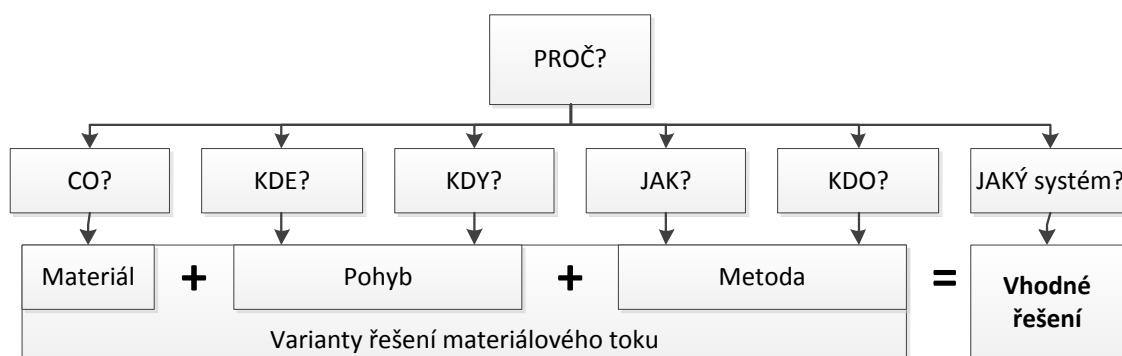
- **Další pomůcky [6]**

*Šachovnicová tabulka* – tabulka, ve které je znázorněn tok materiálu mezi jednotlivými pracovišti. Většinou se vytváří pro jednotlivé výrobky. Nejčastěji se v tabulce zobrazuje počet přeprav za časový úsek, přepravená hmotnost za čas, nebo počet kusů za čas. Tato tabulka nám poskytuje informace při aplikaci většiny metod.

*Tabulka vztahů* – tabulka vazeb mezi jednotlivými pracovišti, která znázorňuje jejich důležitost. Jsou v ní znázorněná pracoviště, která musí být z technologického hlediska v těsné blízkosti a naopak pracoviště, která vedle sebe být nesmí.

#### 4.2.1 Projektování materiálového toku [8]

Projektování materiálového toku je založeno na souboru otázek „Co? a Proč?“, „Kde? a Kdy? a Proč?“, „Jak? a Kdo? a Proč?“ „Jaký systém? a Proč?“. Označuje se též jako rovnice materiálového toku, která je znázorněna na obr.5.



**Obr. 5** Rovnice materiálového toku [8]

Při projektování materiálového toku je potřeba si uvědomit, že přeprava ani skladování nepřidává výrobku hodnotu a je pouze „nutným zlem“. Proto je potřeba najít nejefektivnější sled přesunů materiálu nutnými fázemi výrobního procesu. Tématu návrhu uspořádání pracovišť se dále věnuji v kapitole 3 Layout. [8]

## **5 Bezpečnost a ochrana zdraví při práci**

Je obor, jenž se zabývá především hledáním a vyhodnocováním rizik vznikajících při práci, kategorizací prací, bezpečností technických zařízení, osobními ochrannými prostředky, ergonomií a hygienou práce (viz. kapitola 5.1 Hygiena práce), včetně pracovního prostředí (viz. kapitola 5.2 Manipulační ulička). Bezpečnost práce stanovuje legislativa, normy a zaměstnavatel.

### **5.1 Hygiena práce**

Pracovní prostředí je jedním z faktorů ovlivňující pracovní výkony zaměstnanců. Přítomnost vhodných fyziologických a sociálních podmínek má přímý vliv na kvalitu, produktivitu, bezpečnost práce a zdraví pracovníků. Z tohoto důvodu je nedílnou součástí každého projektu.

Posouzením správnosti pracovního prostředí se zabývá mezidisciplinární věda nazývaná ergonomie. Dále je upravováno prostřednictvím evropské i české legislativy směrnicemi a normami. Mezi základní posuzované faktory patří:

#### **5.1.1 Osvětlení [5]**

Zrak je pro zaměstnance jedním z nejdůležitějších smyslů po získávání informací. Kvalita osvětlení, odrazy a odlesky mají přímý vliv na efektivitu práce, kvalitu, úrazovost, zrakovou únavu a psychický stav zaměstnance. Světelná pohoda je vytvářena přiměřenou intenzitou osvětlení, rovnoměrností tohoto osvětlení a barevným zabarvením. Při řešení osvětlení musíme dbát na to, aby světlo neoslňovalo a nevznikaly ostré, nebo náhlé přechody mezi tmou a světlem. Osvětlení pracovních prostorů je dáno normou ČSN EN 12464-1. Ukázky z této normy jsou pro vybraná pracoviště uvedeny v následující tabulce 1.

**Tab. 1 Tabulka osvětlení [5]**

<b>Druh prostoru, úkolu nebo činnosti</b>	<b>Osvětlení (lx) v hladině pozorování</b>
Zpracování kovu - Montážní práce	200 - 300
Slévárna - tlakové lití (vysoké haly)	300
Zpracování kovu - Hrubé a střední strojní opracování	300
Zpracování kovu - Jemné strojní opracování a broušení	500
Zpracování kovu - Rýsování, kontrola	750
Zpracování kovu - Povrchové opracování a lakování	750
Výroba automobilů - výstupní kontrola	1000

### **5.1.2 Hluk [9]**

Hluk je definován jako nepříjemný, nepřiměřený, nežádoucí a rušivý zvuk, který má neblahý vliv na člověka. Možná „je nejrozšířenějším škodlivým faktorem na pracovišti.“ V rámci Evropy je ztráta sluchu způsobená nadměrným hlukem nejčastější nemocí z povolání. Hluk má také špatný vliv na psychiku, snižuje koncentraci, zvyšuje chybovost, nervozitu a ztěžuje komunikaci.

Hluk můžeme primárně redukovat konstrukční, nebo technologickou úpravou přímo na zdroji hluku. Další možností je izolace a zabránění dalšího šíření zvuku od zdroje. V poslední řadě redukcí působení zvuku na člověka, pomocí špuntů do uší, střídáním pracovníků a další. Zákonná právní úprava ochrany před nepříznivými účinky hluku je obsažena v zákoně č. 258/2000 Sb. o ochraně veřejného zdraví na základě nařízení vlády č. 270/2011 Sb., o ochraně zdraví před nepříznivými účinky hluku a vibrací.

### **5.1.3 Vibrace [11]**

Způsobená mechanickým kmitáním a chvěním těles. Obecně vibrace vedou ke zpomalenému a zhoršenému vnímání, snížené pozornosti a poklesu motivace. Rozlišujeme kmitání s nízkou frekvencí (do 30 Hz), které působí především na kosti klouby, svaly a šlachy. S vysokou frekvencí (20 – 400Hz) která působí na nervy a cévy. Dle místa působení rozdělujeme na místní (postihující horní končetiny) a celkové (postihující páteř). V rámci prevence je vhodné využívat vyhovující náradí, ochranné pomůcky, střídat pracovníky, dodržovat přestávky.

#### **5.1.4 Mikroklima [10]**

Tepelná pohoda člověka je ovlivňována mikroklimatickými parametry, jimiž jsou teplota, relativní vlhkost, rychlost proudění, sálavé teplo. Tyto faktory jsou navzájem závislé a ovlivňují zdraví pracovníků. Mají velký vliv na subjektivní pocit pohody, míru odpočinku a jejich výkony. Tepelný stav je dán tepelnou bilancí, což je rozdíl tepla vyprodukovaného a tepla odvedeného. Pro posuzování stavu prostředí slouží například stupnice dle ČSN EN ISO 7730.

- **Teplota**

Teplota běžného pracoviště by se měla pohybovat mezi 20- 24 °C. Při vysokých teplotách dochází k nadměrné únavě a nesoustředěnosti. Vysoké teploty způsobují roztažení cév, zvýšení průtoku krve a tvorbu potu (ztráta až 6 litrů tekutin za směnu). Naopak chlad v první fázi omezuje průtok krve, zvyšuje krevní tlak a tepovou frekvenci, po vyčerpání termoregulačních možností dochází k poklesu tělesné teploty, srdeční frekvence a slábnutí dýchání.

- **Vlhkost**

Je mnohem méně vnímaná než teplota, ale i přesto má vliv na zdravotní stav pracovníků. Doporučená relativní vlhkost vzduchu je 30 – 70%, přičemž je vhodné ji uměle zvyšovat především v zimě, kdy vlivem vytápění klesá na méně než 20%.

- **Rychlost proudění**

Je přímo úměrné rychlosti odvádění tepla z organismu. Doporučená rychlost proudění je 0,1 – 0,3 ms<sup>-1</sup> v závislosti na činnosti a použitém oděvu.

- **Sálavé teplo**

Má vliv na celkové zvýšení tělesné teploty. Vychází z okolních stěn, je produkováno stroji a zařízeními. Zdrojem může být rozžhavený, či roztavený kov. V takovémto prostředí je nutné zajistit směrnice pravidelné přestávky a zvýšit pitný režim pracovníků.

- **Prašnost**

Je jedno z nejrozšířenějších rizik ohrožující zdraví zaměstnanců. Jedná se o znečištěné ovzduší hmotnými částicemi rozptýlenými ve vzduchu označovanými jako aerosoly. Podle mechanismu vzniku je dělíme na prach (vzniklé drcením), kouř (vzniklé

spalováním) a dým (vzniklé oxidací). Dále je dělíme na toxické a netoxické podle působení na člověka.

Pro ochranu zdraví před mikroklimatem je možné využít technických a organizačních prostředků.

### 5.1.5 Chemické látky

Organické a anorganické sloučeniny vstupující do organismu dýchacími cestami, pokožkou, nebo požitím a mající za následek okamžité, nebo postupné zhoršování zdravotního stavu.

## 5.2 Manipulační ulička[4]

Ve výrobních, průmyslových a skladovacích prostorech je šířka a výška cest a uliček pro manipulaci s materiálem dána normou ČSN 26 9010 z roku 1993. Tato norma stanovuje minimální šířky z hlediska bezpečnosti a ochrany zdraví při práci pro jednotlivé typy uliček.

Typy uliček jsou rozděleny do tří skupin, vztahy pro výpočet minimální šířky jsou uvedeny v následujících tabulkách.

### 5.2.1 Průchodové uličky

Slouží pro občasný pohyb pracovníků přenášející, nebo nepřenášející břemeno.

Tab. 2 Průchodové uličky [4]

Směr	Břemeno	Minimální šířka
jednosměrná	bez břemene	600 mm
obousměrná		600 + 150 mm (pro vyhýbání)
jednosměrná	břemeno v jedné ruce po boku	850 mm
obousměrná		850 + 150 mm (pro vyhýbání)
jednosměrná	břemeno v obou rukách po boku	1000 mm
obousměrná		1000 + 150 mm (pro vyhýbání)

### 5.2.2 Manipulační ulička

Je určena k průjezdu vozíku a jiné manipulační techniky. Výpočet minimální šíře manipulační uličky vychází z šíře nejširšího manipulačního zařízení nebo přepravovaného předmětu (A), zvětšené o bezpečnostní vůli a střední potkávací odstup u obousměrné uličky.

Tab. 3 Manipulační ulička 1 [4]

Směr	Minimální šířka
jednosměrná	$A + 2 * 200 \text{ mm}$ (bezpečnostní vůle)
obousměrná	$2A + 2 * 200 \text{ mm}$ (bezpečnostní vůle) + 400 mm (potkávací odstup)

### 5.2.3 Manipulační ulička pro zakládání jednotek do regálů a stohů

Minimální šířka uličky pro zakládání jednotek je určena šířkou jízdního pruhu (minimální šířka uličky) (B), zvětšeno o postranní pruhy určené pro občasný pohyb pracovníků bez břemene a střední potkávací pruh v případě obousměrné uličky.

Tab. 4 Manipulační ulička 2 [4]

Ulička	Minimální šířka
1 hlavní jízdní pruh a 1 postranní pruh	$B + 600 \text{ mm}$ (postranní pruh) + 200 mm (bezpečnostní vůle)
1 hlavní jízdní pruh a 2 postranní pruhy	$B + 2 * 600 \text{ mm}$ (postranní pruh)
2 hlavní jízdní pruhy a 1 postranní pruh	$2B + 600 \text{ mm}$ (postranní pruh) + 400mm (potkávací odstup) + 200mm (bezpečnostní vůle)
2 hlavní jízdní pruhy a 1 postranní pruh	$2B + 2 * 600 \text{ mm}$ (postranní pruh) + 400 mm (potkávací odstup)

Výpočet minimální výšky cest a uliček vychází z výšky vozidla se stojícím řidičem (i když je vozidlo opatřeno sedadlem), popřípadě výšky břemene, nejméně však 2400 mm.



## Praktická část

Praktická část diplomové práce se věnuje aplikaci teoretických znalostí s cílem navrhnout layout nové výrobní haly. Po krátkém představení firmy a shrnutí cílů projektu navazuje popisem sběru dat a analýzy současného stavu. Prostřední část se zabývá návrhem tří variant řešení layoutu vzniklých na základě získaných informací. Z takto vzniklých návrhů je v závěru práce vybrána nejvhodnější varianta layoutu nové výrobní haly doplněna o doporučení.

## 6 Představení firmy

Firma KSM Castings CZ a.s. se sídlem v Hrádku nad Nisou je dynamicky rostoucím podnikem zaměřeným na tlakové lití slitiny hliníku a následné mechanické obrábění. Výrobní portfolio je zaměřeno na automobilový průmysl, mezi vyráběné díly patří části pohonných jednotek, řízení a brzd, tělesa pump a filtrů a v neposlední řadě díly pro elektroniku. Mezi největší zákazníky patří SHW, TRW a Daimler, kteří v roce 2012 budou tvořit přibližně 60 % obrátu. O dalších 30 % se dělí ZF, Bosch a Mann, Mummel a zbývajících 10 % ti ostatní.

Firma je součástí skupiny KSM Castings Gruppe zaměstnávající 2700 pracovníků s centrálou a třemi dalšími pobočkami v Německu. Byla založena v roce 1996 jako Thyssen Ferex Aluminium Technik s.r.o. se sídlem v Liberci, odkud se v roce 2002 přestěhovala do nově postavené výrobní haly v Hrádku nad Nisou. V roce 2005 se stala dceřinou společností koncernu KSM Casting Holding GmbH a o rok později se stala akciovou společností s názvem KSM Casting CZ a.s., který nese dodnes. Poslední změnou byla změna majitele v roce 2011, kdy celou skupinu KSM Castings koupil čínský průmyslový koncern CITIC Dicastal.



Obr. 6 Sídlo KSM Castings CZ a.s. [12]

Nyní se hrádecký závod rozkládá na ploše 33000 m<sup>2</sup> a ve dvou členěných halách zaměstnává 440 zaměstnanců. Disponuje osmnácti horizontálními tlakovými licími stroji, pro jejichž provoz zajišťují dostatečné množství roztaveného hliníku dvě šachtové tavící pece spolu se třemi kelímkovými pecemi. Dva průběžné omílače se spolu se třemi tryskacími zařízeními starají o apretaci dílů. K následnému obrábění slouží sedmnáct CNC obráběcích center a čtyři CNC soustruhy. Konečnou čistotu dílů zajišťují čtyři mycí zařízení s automatickým dopravníkem. Kontrola kvality je zajištěna šesti 3D měřicími centry, dvěma rentgenovými zařízeními a dalšími zařízeními zajišťujícími kvalitu vyráběných dílů.

## **7 Zadání projektu**

Tento projekt byl zadán na konci roku 2011. Vznikl na základě požadavku zákazníka TRW Automotive GMBH, která požaduje od roku 2014 navýšit vyráběný objem z dnešních 30 000 kusů na 185 000 kusů za měsíc.

Cílem tohoto projektu je vytvořit návrh layoutu nové výrobní haly určené pro výrobu dílu tělesa posilovače řízení (interní označení díl 296 / 297) a nových dílů z této výrobní rodiny.

Nová výrobní hala měla být vystavěna v roce 2014 na vlastním pozemku firmy v Hrádku nad Nisou. Přičemž základním požadavkem tohoto projektu je návrh layoutu výrobní haly, která bude zcela nezávislá na stávajících halách. To znamená, že musí obsahovat celý výrobní proces. A tudíž je nezbytné do haly umístit prostory tavní, slévárny, apretace, obrobny, expedice i kontroly kvality. Nebudou zde chybět ani administrativní prostory a další podpůrné části, mezi které patří například nástrojárna, údržba, sklady náhradních dílů, technické místnosti, ale i sociální zařízení, šatny i zázemí pro zaměstnance.

### **Cíl diplomové práce**

Cílem diplomové práce bylo navrhnout layout nové výrobní haly uzpůsobené výrobě dílů 296 / 297 a nových dílů z této výrobní rodiny. Tento návrh provést tak, aby splňoval požadavky oddělení technologie na strojní vybavení a zároveň plošné požadavky nevýrobních prostor ostatních oddělení firmy.

Shrnutí požadavků:

- návrh půdorysu nové výrobní haly, určené pro výstavbu na pozemek o rozměrech 105 x 85 m, tak aby byla zajištěna její přístupnost z logistického hlediska
- návrh vhodného prostorového uspořádání tak, aby bylo možno umístit strojní vybavení požadované oddělením technologie a byly splněny prostorové požadavky jednotlivých oddělení
- umístit požadované strojní vybavení, tak aby byl splněn technologický požadavek a bylo dosaženo optimálního materiálového toku
- nalézt řešení umístění čtvrtého CNC obráběcího centra do výrobní jednotky
- umístit skladovací plochu pro podlažní skladování o objemu dvoudenní výroby



Obr. 7 Pozemky KSM Castings CZ a.s.[12]

- **Omezující faktory**

Omezujícím faktorem je především rozměr pozemku určeného pro výstavbu, který je 127x105m. Je zde potřeba počítat i s komunikací okolo celé haly, proto se využitelná plocha zmenšuje na 105 x 85 m.

- **Poznámky k řešení**

Tato práce se nezabývá uspořádáním nevýrobních prostor, ty jsou brány pouze jako celky, jejich plošné rozměry vychází z požadavků jednotlivých oddělení.

Umístění strojního vybavení je vybráno oddělením technologie a tato práce pouze řeší optimální umístění těchto strojů.

Dále se práce nezabývá rozvodem energií, vody, stlačeného vzduchu, chladicími okruhy, ani vzduchotechnikou a vodním hospodářstvím.

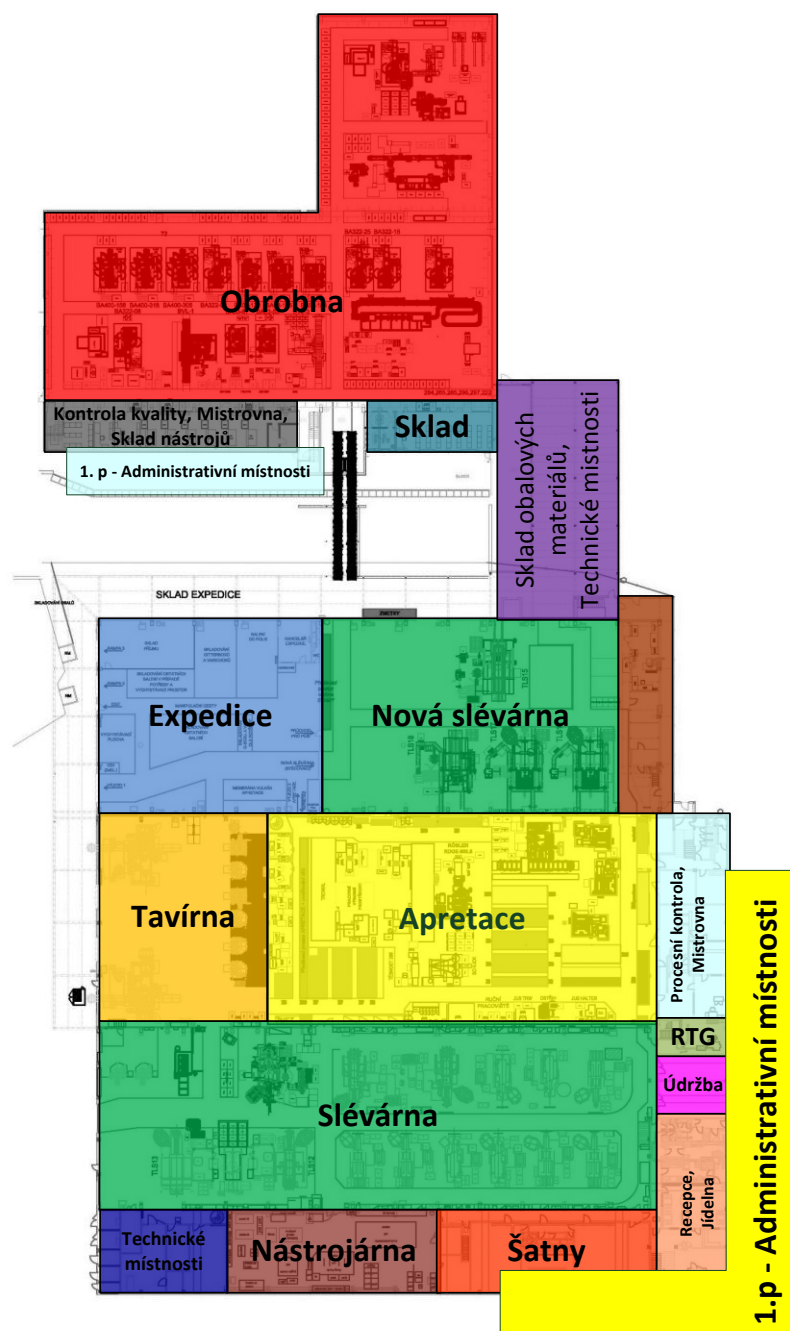
Tato práce též neřeší stavební úpravy. Vychází z předběžných návrhů hal, rozměrové úpravy jsou zde řešeny pouze přidáním, či ubráním prefabrikovaného modulu.

## **8 Analýza současného stavu**

Ve firmě je zaveden nepřetržitý dvousměnný provoz. S výjimkou letní dvanáctidenní a zimní sedmidenní odstávky kdy je produkce z důvodu údržby zastavena.

Z hlediska uspořádání je firma tvořena dvěma halami s několika přístavky. Tyto dvě haly jsou v důsledku svažujícího terénu výškově odděleny. Tento terénní schod je kompenzován nákladním výtahem s automatickou válečkovou dráhou pro přepravu GBoxu a palet. Horní hala je rozdělena na tři hlavní loď. Ve dvou krajních jsou prostory slévárny, nová slévárna se dělí o prostor s expedicí. Prostřední loď je využita pro apretaci a tavírnu. Dále je k tomuto komplexu přidružen dvoupatrový přístavek s administrativní částí podél kratší strany dvou lodí a prostor nástrojárny, šaten a kompresorovny po dlouhé straně. Spodní hala tvaru písmene „L“ je celá vyhrazena pro prostory obrobny, ke které je přidružen dvoupatrová část s administrativními prostory v patře, kontrolou kvality a sklad náhradních dílů v přízemí. Spojovací prostor mezi halami je využit pro skladování obalových materiálů a technické místnosti vodního hospodářství. Schéma s rozdělením prostorů je na obr. 8, popis jednotlivých částí je uveden dále v textu.

Všechny prostory jsou zajištěny rozvodem stlačeného vzduchu, elektrické energie a vzduchotechnikou. Slévárna je napojena na dva chladicí okruhy, jeden pro chlazení strojů a druhý pro chlazení odlitků. Nechybí ani dva rozvody postřiku pro čištění forem a samozřejmě je připojení k odpadní čističce. Prostory slévárny a obrobny jsou pokryty mostovými jeřáby pro manipulaci s formami a upínacími přípravky.



Obr. 8 Rozdělení prostorů KSM Castings CZ a.s

## 8.1 Výrobní prostory

**Tavírna** je situována na konci prostřední lodě, díky čemuž má přímý přístup do dvora, kde je skladována část materiálu. Výhodné je též umístění mezi dvěma částmi slévárny. Je vybavena dvěma šachtovými pecemi pro tavení hliníku DIN 226 (druhá pec bude spuštěna na konci května 2012). Proces tavení v těchto pecích je kontinuální, zcela automatický, obsluha za pomoci elektrického ručně vedeného vysokozdvížného vozíku

zavází pec vratným hliníkem a hliníkovými houskami v poměru 60/40. Kapacita jedné pece je 6000 kg, s tavicím výkonem 2000 kg/ hod a kapacitou 48 000 kg hliníku za den.

Tavárna dále disponuje třemi kelímkovými pecemi pro tavbu hliníku DIN 231, DIN 239, Unifont 94, nebo LM 24, ke kterým v blízké budoucnosti přibudou další tři tyto pece. Neodmyslitelnou součástí tavrny je FDU pro úpravu taveniny, která probíhá v převozovém kelímku. Dále pak plynový hořák pro předehřátí těchto kelímků.

Vratný hliník a hliníkové housky jsou skladovány v prostorách tavrny a pod stříškou před tavrnu. Rozvoz roztaveného materiálu probíhá v převozovém kelímku pomocí diesellového vysokozdvížného vozíku.

**Slévárna** se rozkládá ve dvou krajních lodích horní haly. Výrobu odlitků zajišťuje osmnáct horizontálních tlakových licích strojů. Čtyři licí stroje o zavírací síle 4000 kN a zbývajících čtrnáct 6000 až 10000 kN. Všechna pracoviště jsou vybavena ostřihovacími lisami, u menších strojů se provádí vyjímání odlitků ručně, u těch větších robotickým ramenem, nebo přímo plnohodnotným robotem. Každé pracoviště je vždy upraveno pro určitou skupinu odlitků.

V obou lodích je vyhrazen prostor pro skladování právě nevyužitých forem, které se staví na dva přenosné podstavce. Obě haly disponují mostovými jeřáby o nosnosti 25 tun pro manipulaci s formami a servisem licích strojů.

V přidružených prostorech se nachází nástrojárna, zajišťující opravy a údržbu forem, která se opět neobejde bez mostového jeřábu. Dílna údržby se skladem náhradních dílů je též v prostorách slévárny.

**Apretace** je umístěna v horní hale v prostřední lodi. Apretáž dílů je prováděna dvěma průběžnými vibračními omílači, průběžným tryskačem a jedním komorovým závěsným tryskačem dle technologie zpracování jednotlivých dílů. Dále se zde nachází řada jednoúčelových zařízení, vrtacích přípravků a přípravků na kontrolu těsnosti. Ostřihovací lis a speciální klimatizované prostory pro konečnou kontrolu a balení využívané pro některé díly elektroniky. Nedílnou součástí jsou zóny pro řadové podlažní skladování GBoxů, s díly čekajícími na zpracování, ty se zde skladují do výšky maximálně čtyř pater. Je zde i předávací a uvolňovací prostor Apretace i Slévárny. Z haly apretace je přímý vchod do místnosti procesní kontroly a mistrovny.

Manipulace je na apretaci zajištěna elektrickým vysokozdvížným vozíkem se sedadlem pro obsluhu a třemi elektrickými ručně vedenými vysokozdvížnými vozíky.

V pravém rohu jsou z důvodů využití prostoru umístěny tři obráběcí CNC centra s mycím zařízením a dvěma jednoúčelovými zařízeními, čemuž se budeme v další části věnovat podrobněji.

**Obrobna** je umístěna ve spodní hale. Je vybavena čtrnácti CNC obráběcími centry s otočným stolem. Čtyřmi CNC soustruhy s automatickým dopravníkem dílů, z toho jeden je přímo napojen na mycí průběžnou linku. Čistota ostatních dílů je zajištěna jednou průběžnou mycí linkou a dvěma komorovými mycími zařízeními. Další součástí jsou jednoúčelová zařízení určená pro lisování zálisků, kontrolu těsnosti a prostor kontroly a balení.

Manipulace je zde zajištěna dvěma elektrickými ručně vedenými vysokozdvížnými vozíky, a paletovými vozíky, které využívá obsluha strojů pro případnou manipulaci v blízkosti stroje.

Sklad obalových materiálů je umístěn ve spojovací chodbě vedoucí k horní hale.

Celý prostor obrobny je pokryt mostovým jeřábem o nosnosti 8 tun.

V přidružených prostorách je kontrola kvality vybavena 3D měřicími centry, mistrovna, sklad nástrojů a sklad náhradních dílů. V horním patře jsou administrativní prostory a zázemí pro zaměstnance.

Po obvodu haly jsou prostory řadového skladování GBoxu vždy do výšky maximálně čtyř pater.

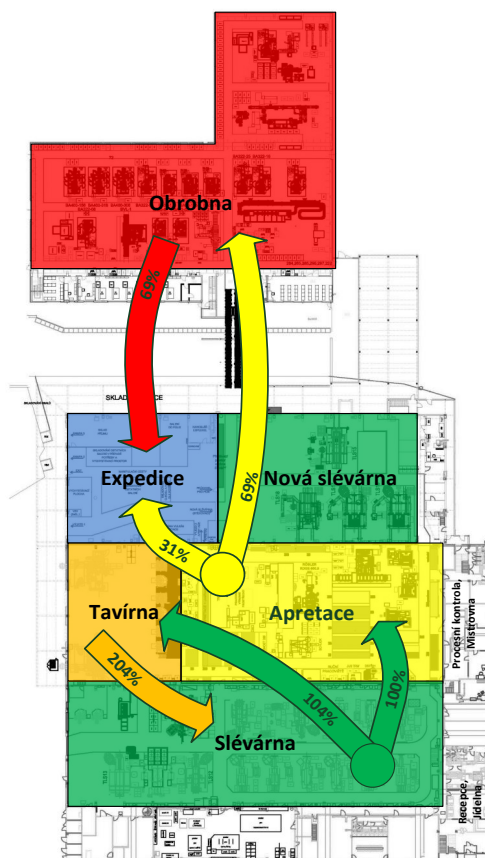
**Expedice** se nachází v oddělené části horní haly. Skladování je řešeno podlažním skladováním v řadě nebo v blocích vždy maximální výšky čtyř pater.

Manipulace je zde zajištěna vysokozdvížnými vozíky s plošinou pro stojící obsluhu.



## 8.2 Analýza materiálového toku

Na obr. 9 je znázorněn materiálový tok celou firmou. V tomto diagramu je znázorněna průměrná měsíční produkce v procentech kilogramů stanovená za období posledních devíti měsíc (srpen 2011 až duben 2012). Přičemž 100% je průměrná měsíční produkce slévárny, která přibližně činí 481 tun za měsíc. Pro zjednodušení není uvažována zmetkovitost.



Obr. 9 Tok materiálu celou firmou

Analýza materiálového toku celé firmy je jen orientační, slouží pro ucelení představy o toku materiálu napříč firmou. Podrobná analýza materiálového toku celé firmy nebyla provedena, z důvodu toho, že není nezbytně nutná pro tento projekt. V další části této práce je uvedena analýza materiálového toku dílů 296 a 297, které jsou pro tento projekt klíčovými.

Diagram dobře poslouží k tomu, abychom si uvědomili jak velký materiálový tok je v obou směrech mezi tavírnou a slévárnou. To spolu s technologickou vazbou předurčuje umístění těchto dvou částí do těsné blízkosti a vyžaduje pozornost při návrhu tras materiálového toku.

### 8.3 Představení dílů 296 / 297

Nová výrobní hala má být koncipována pro výrobu dílů 296 / 297 a dalších z této výrobkové rodiny, proto jsou následující části zaměřeny na analýzu současného stavu právě těchto dílů.

Díl 296 a 297 je interním označením firmy KSM Casting pro dvě modifikace dílu Hausing Pinion. Jedná se o těleso elektronicky řízeného posilovače řízení dodávaného firmě TRW pro vozy Ford C-MAX.

Jedná se o jeden z největších vyráběných dílů, klade vysoké nároky na přesnost, což je především z důvodu jeho tvarového charakteru (dlouhý díl) velice náročné splnit.

Pro jeho výrobu je využito největších tlakových licích strojů ve firmě osazených roboty pro vyjímání odlitků z formy a zakládání do ostříhu. Z důvodu tvarové náročnosti je pro obrábění využito pětiosých obráběcích CNC center.

Průměrná měsíční produkce těchto dílů je 22 tisíc kusů u dílu 296 čímž je využita kapacita jednoho licího stroje a 10 tisíc u dílu 297 což přibližně odpovídá jednosměnnému provozu.



Obr. 10 Díl 296 [12]

Tab. 5 Díl 296 a 297

Označení dílu: 296	Označení dílu: 297
Název: Pinion Housing LHD	Název: Pinion Housing RHD
Zákazník: TRW	Zákazník: TRW
Hrubá hmotnost: 1,971 Kg	Hrubá hmotnost: 2,074 Kg
Surová hmotnost: 3,809 Kg	Surová hmotnost: 3,898 Kg
Rozměr: 520x150x213	Rozměr: 520x150x213
Materiál: Din 226, EN AB-AlSi9Cu3(Fe)	Materiál: Din 226, AB-AlSi9Cu3(Fe)

### 8.3.1 Balení dílů 296 / 297

Manipulace je nedílnou součástí výrobního procesu i tohoto dílu. Proto, aby díly nebyly během manipulace poškozeny, se využívá interního a externího balení. Díly 296/297 jsou oba baleny stejným způsobem a jsou pro ně využity tyto balící prostředky.

- **Interní balení**

Interní balení se využívá pro přepravu ze slévárny na obrobnu a případné skladování rozpracované výroby. Je řešeno stejně jako u většiny dílů standartním GitterBoxem (dále jen GBox ) o rozměrech 1240x860x970mm. Do GBoxu po obvodu obloženého plastovými deskami jsou díly ukládány v šesti vrstvách oddělených plastovými proklady. Ukládají se v řadě po deseti kusech a dva kusy na bok do každé vrstvy. Kompletní GBox činí 72 kusů.



**Obr. 11 Interní balení – Gbox**

Takto zabalený GBox je přepravován pomocí vysoko zdvižného elektrického vozíku do prostor obrobny STAMY. GBoxy jsou zde stohovány do výšky maximálně čtyř pater.

- **Zákaznické balení**

Zákaznické balení je řešeno Plastovým boxem TRW o rozměrech 1210 x 810 x 789mm. Hotové díly se do něj ukládají v šesti vrstvách oddělených gumovým prokladem. Do jedné vrstvy se ukládá šest kusů ve dvou řadách. Celý box je nakonec uzavřen plastovým víkem. Kompletní balení činí 36 kusů.

Takto zabalený Plastový box TRW je připraven k expedici.

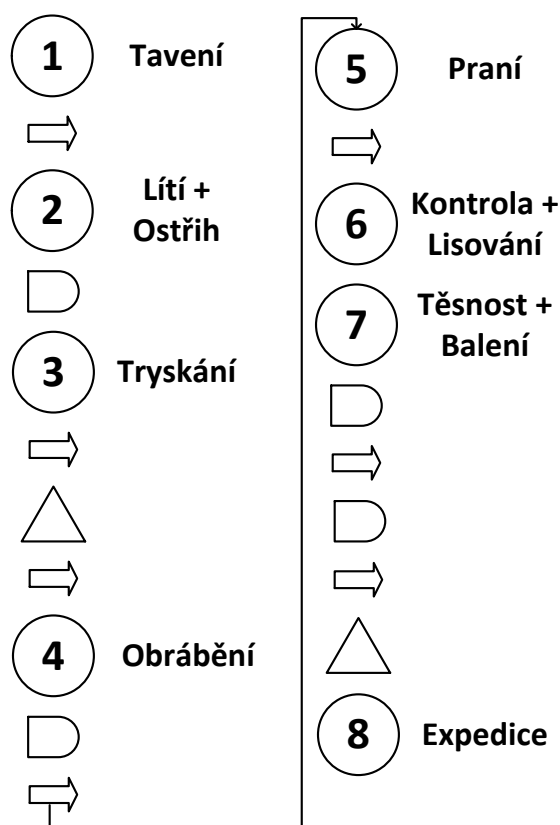
## 8.4 Současný stav - díl 296 / 297

Pro zjištění současného stavu bylo využito osobního pozorování a informací z podnikové dokumentace. Největším zdrojem informací byly technologické postupy a pracovní návodky, layouty pracovišť, výkresová dokumentace a informace z logistiky a plánování. Všechny získané materiály byly ověřeny přímo ve výrobě a doplněny vlastními poznatky a náměry.

### 8.4.1 Jednotlivé operace - díl 296 / 297

Tato část obsahuje popis výrobního procesu, umístění pracovišť, jejich schématické znázornění a parametry.

Na obr. 12 je schématicky znázorněn sled operací prováděných na dílu 296 a 297. Operace jsou symbolizovány kruhem, transport šipkou, pro čekání je využit symbol tvaru "D" a trojúhelník značí skladování. Popis jednotlivých operací je v tab. 6 a7.



Obr. 12 Schéma operací


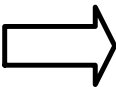

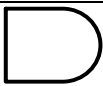

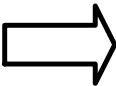


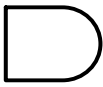
Pro znázornění prostorového uspořádání pracovišť a vazeb mezi nimi je využit nitkový diagram, který je zobrazen na obr. 13.







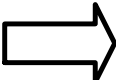




Tab. 6 Operace 296 / 297 1/2

## Tabulka operací díl 296/ 297

1/2

symbol	popis	Norma,
	<b>Tavení</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>- kontinuální automaticky řízený proces probíhající v šachtové tavicí peci</li> <li>- obsluha zaváží šachtovou pec vratným materiálem a hliníkovými houskami</li> </ul>	
	<b>přeprava:</b> tavná – slévárna <ul style="list-style-type: none"> <li>- nalití taveniny do převozového kelímku z šachtové pece</li> <li>- převoz a spuštění cyklu FDU (úprava taveniny)</li> <li>- převoz a zalití udržovací pece</li> </ul> Přeprava taveniny je realizována v převozovém kelímku za pomoci vysokozdvizného dieselového vozíku	čas 660 s kelímek: 420kg vzdálenost: 48 m
	<b>Lití + Ostřih</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>- lití (horizontální tlakový licí stroj)</li> <li>- ostřih (ostřihovací lis)</li> <li>- kontrola + zapilování (operátor)</li> <li>- navěšování tryskacího závěsu (operátor)</li> </ul> Manipulaci mezi licím strojem a ostřihem zajišťuje robot ABB.	Čas cyklu: 80 s ks/hod: 45 ks/směnu: 495
	<b>čekání</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>- odlitky čekají dokud se nenaplní závěs (16 ks)</li> </ul>	Čas:1280s
	<b>Tryskání</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>- automatický cyklus</li> <li>- svěšování + vyfukování tryskacího materiálu + balení do interního GBoxu (72 ks) (operátor)</li> </ul> Svěšování provádí operátor Lití + Ostřih.	čas cyklu 300 s ks/cyklu 16 ks/hod: 45 ks/směnu: 495
	<b>přeprava:</b> slévárna – obrobna <ul style="list-style-type: none"> <li>- převoz GBoxu, za pomoci ručně vedeného vysokozdvizného vozíku (manipulant)</li> </ul>	GBox (72 ks) Vzdálenost: 86m
	<b>skladování</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>- díly jsou před obrobením skladovány, max. zásoba 4000ks</li> <li>- GBoxy se skladují na zemi maximálně ve čtyřech patrech</li> </ul>	
	<b>Obrábění</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>- založení dílu (operátor)</li> <li>- vlastní obrábění</li> <li>- vyjmutí + kontrola (operátor)</li> <li>- uložení do pracího koše (operátor)</li> </ul> Vícestrojová obsluha, dva stroje	Jeden stroj čas cyklu 317,2s ks/cyklu 2 ks ks/hod: 22,7 ks/směnu: 249,7
	<b>čekání</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>- výrobky čekají, dokud se nenaplní prací koš (18ks)</li> </ul>	čas:2855s

Tab. 7 Operace 296 / 297 2/2

Tabulka operací díl 296/ 297		2/2
symbol	popis	norma
	<p><b>přeprava:</b> mycí zařízení – stanoviště kontroly a lisování</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- převoz koše z dopravníku mycího zařízení (operátor)</li> </ul>	Vzdálenost: 2,5m
	<p><b>Kontrola + Lisování</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- vizuální kontrola (operátor)</li> <li>- lisování (automat)</li> <li>- kontrola lisování + označení osobním razítkem (operátor)</li> <li>- vložení do koše u následující operace</li> </ul>	<p>čas cyklu: 45,6s ks/hod: 79 ks/směnu: 869</p>
	<p><b>Těsnost + Balení</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- vyjmutí z koše (operátor)</li> <li>- kontrola těsnosti (automat)</li> <li>- kontrola + značení (operátor)</li> <li>- balení do zákaznických obalů (36 ks) (operátor)</li> </ul> <p>Možnost vícestrojové obsluhy u operace 6 a 7.</p>	<p>čas cyklu: 45,6s ks/hod: 79 ks/směnu: 869</p>
	<p>čekání</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- díly čekají na kompletaci TRW-Boxu, nutno ukládat vždy od stejného stroje do jednoho TRW-Boxu (36 ks)</li> </ul> <p>Dáno požadavky zákazníka z důvodu možnosti dohledání historie dílu.</p>	
	<p>přeprava</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- přeprava do předávací zóny za pomoci ručně vedeného elektrického vysokozdvížného vozíku (operátor)</li> </ul>	Vzdálenost: 47m
	<p>čekání</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- díly čekají na uvolnění k expedici</li> </ul>	
	<p>přeprava</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- přeprava do prostor expedice za pomoci elektrického vysokozdvížného vozíku s plošinou pro obsluhu</li> </ul>	Vzdálenost: 47m
	<p>Skladování</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- maximálně čtyři TRW-Boxy na sobě</li> </ul>	
	<p><b>Expedice</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- manipulace probíhá za pomoci elektrického vysokozdvížného vozíku s plošinou pro obsluhu</li> <li>- transport nákladním automobilem třikrát týdně</li> </ul>	3 x týdně

Popis výrobního postupu je uveden v příloze č. I až III



#### 8.4.2 Materiálový tok - díl 296 / 297

Tok materiálu dílů 296/297 je schematicky znázorněn na podkladu layoutu výrobní haly obr. 14. Je využit Spaghetti diagram, ve kterém jsou znázorněny přepravní trasy a četnost přepravy manipulačních jednotek (Převozový kelímek, GBox, Koš, TRW Box) za časový úsek poloviny směny (5,5 hodin).



Obr. 14 Materiálový tok 296 / 297

U dílu 296 / 297 jsou dráhy materiálového toku přímé, nedochází zde ke zbytečnému vracení. V porovnání s ostatními díly, které jsou obráběny ve spodní hale obrobny, jsou přepravní vzdálenosti několikanásobně kratší.

Pro největší materiálový tok mezi tavírnou (č.1) a slévárnou (č.2) je vhodně zvolené těsné uspořádání, díky čemuž je dosaženo nejkratší možné přepravní vzdálenosti.

Na schématu je ale také vidět, že u pracovišť Lití + Ostřih a Tryskání (č.2 a č.3) dochází ke křížení materiálových toků. Toto křížení vzniká odvozem odlitků, vratného materiálu

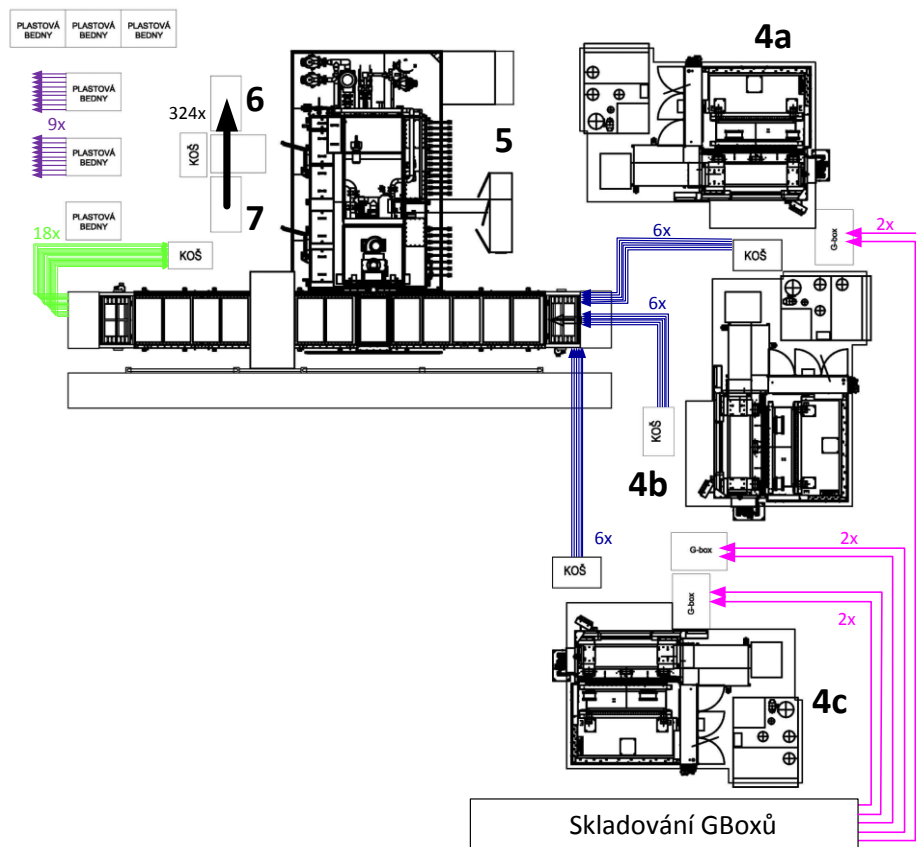


a zavážení udržovací pece taveninou jednou uličkou, která není dostatečně dimenzována. U většiny dalších pracovišť probíhá odvoz odlitků krajní uličkou, čímž tento problém nevzniká. Tento fakt by bylo dobré řešit z důvodu plýtvání způsobeného čekáním na manipulaci, ale i z důvodu bezpečnosti.

Dále by bylo vhodné umístit Předávací zónu (č.8a) blíže pracovišti Těsnost + Balení (č.7) a to s ohledem na přepravované množství, a na fakt že si pracovníci obrábění manipulují sami.

#### 8.4.3 Materiálový tok – detail obrobny díl 296 / 297

Detailní znázornění materiálového toku pracovišť obrobny obr.15. Opět je využito špagety diagramu pro časový úsek - polovina směny (5,5 hodin), manipulační jednotky (GBox, Koš, TRW Box).

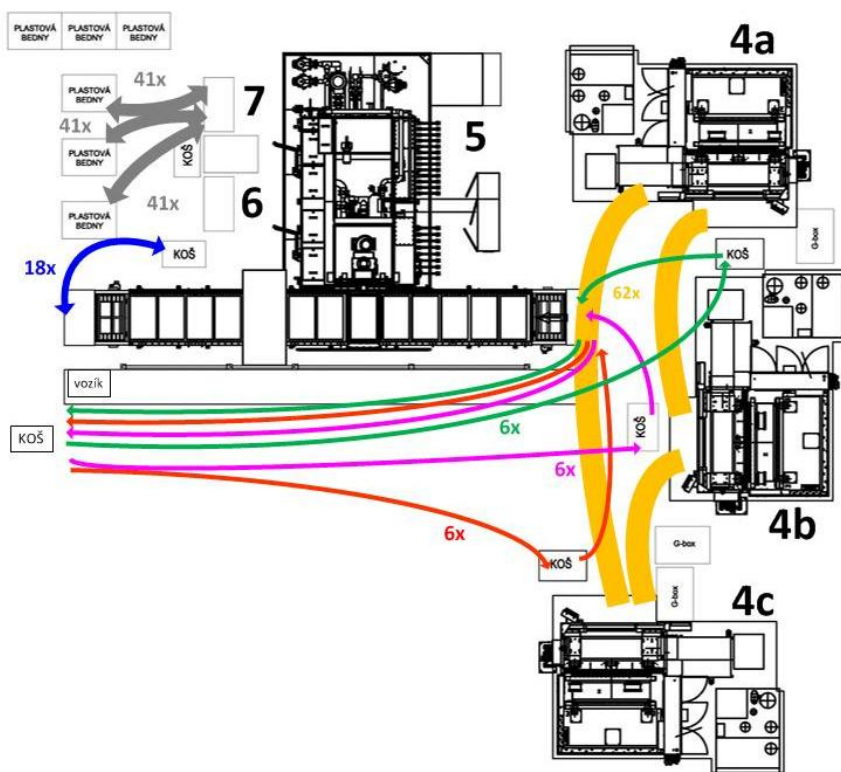


Obr. 15 Materiálový tok 296 / 297 - obrobna

Při pohledu na schéma materiálového toku je vidět že velká frekvence manipulace probíhá při transportu košů od obráběcího CNC centra (č.4a – 4c) do pračky (č.5) a na straně druhé z pračky (č. 5) na pracoviště kontroly a lisování (č. 6).

Mimo jiné je potřeba manipulace s vozíky pod koše. Schéma přesunů jednotlivých pracovníků při vícestrojové výrobě v sestavě jeden operátor Obrábění (č.4), jeden

operátor Kontrola + Lisování (č.6) a jeden operátor Těsnost + Balení (č.7) za časový úsek poloviny směny ( 5,5hodin) je znázorněno na obr 16.



Obr. 16 Přecházení pracovníků 296 /297 - obrobna

Zde je dobře vidět nadbytečný přesun pracovníků z důvodu převozu košů a vozíčků pod koše. Všechny přesuvy probíhají v čase cyklu stroje, tudíž tato manipulace nemá vliv na produktivitu, ale i přes tento fakt toto zjištění otevírá otázku, zda by nebylo možné využít potenciálu pracovníků vhodnějším způsobem.

Dále byl v rámci analýzy objeven potenciál pro zlepšení v podobě nevyužití plné kapacity mycího zařízení (č.5), které je vidět spolu s ostatními operacemi v tab. 8.

Tab. 8 Časy operací

operace	čas cyklu (s)	ks / hod	ks / směnu
Lití + ostříh	80	45	495
Obrábění	158,6	22,7	249,7
Obrábění (3 stroje)	158,6	68,1	749,1
Praní	600	108	1188
Kontrola + Lisování	45,6	79	869
Těsnost + Balení	45,6	79	869

## 8.5 Rozbor analýzy současného stavu

Během analýzy bylo provedeno seznámení se se současným stavem výroby celé firmy a především dílů 296 / 297. Byly přezkoumány výrobní postupy, uspořádání pracovišť, layout celé výroby a získány informace, na jejichž základech bude probíhat návrh nové výrobní haly.

Téměř všechny vyráběné díly jsou vyráběny na pracovištích řešených technologickým uspořádáním systémem Slévárna – Apretace – Obrobna, což má za následek delší průběžné časy a větší objem rozpracované výroby. Výroba probíhá dávkovým způsobem.

Právě díl 296 a 297 je v tomto ohledu výjimkou, zde je využito předmětného uspořádání. Apretace je umístěna hned za operaci lití a vše probíhá již v prostorách slévárny. V prostorách obrobny je výroba řešena sestavou obráběcích CNC center, kterým je vyhrazeno jedno mycí zařízení, následuje operace Kontroly + Lisování a Těsnosti a Balení. Vše probíhá online, bez mezizásob a potřeby balení. Tento způsob výroby byl zaveden z důvodu velikosti dílu (jeden z největších vyráběných dílů) a především z důvodu jeho tvarového charakteru (úzký dlouhý díl), kde je velké riziko zkrutu či ohybu vlivem špatného vyjmutí z formy, nebo manipulací. Díky tomuto způsobu výroby je zajištěna rychlá zpětná vazba následující operace, je snížena potřeba skladovacích prostor a pracovníků.

### • Souhrn nedostatků a příležitostí pro zlepšení odhalených analýzou současného stavu

- slévárna: křížení materiálového toku (odlitky, vratný materiál, tavenina), (kapitola 8.4.2 obr.14)
- obrobna: velká přepravní vzdálenost mezi Těsnost+Balení (č.7) a Předávací zóna( č.8a), (kapitola 8.4.2 obr.14)
- obrobna: velké množství přesunů pracovníků z důvodu manipulace s pracími koši a vozíky pod prací koše, (kapitola 8.4.3 obr.16)
- obrobna: nevyužívání plné kapacity mycího zařízení, (kapitola 8.4.3 tab.8)

Ve fázi návrhu nové výrobní haly byly výše zmiňované nedostatky a příležitosti brány v úvahu.

## **9 Strojní vybavení**

Strojní vybavení je dáno požadavky oddělení technologie. Vychází z požadavků vyráběných dílů a při tom se opírá o zkušenosti současné výroby. Byly vybrány již prověřené a ve firmě zavedené značky, což nese řadu výhod z hlediska servisu, náhradních dílů i zaškolení personálu. V mnoha případech byly vybrány vyšší modely tříd strojů, které jsou současnosti využívány.

### **Tavírna:**

Dvě tavící šachtové pece a jedno zařízení FDU (pro úpravu taveniny).

### **Slévárna:**

Má být řešena čtyřmi dvojicemi horizontálních tlakových licích strojů. Každá dvojice licích strojů má být doplněna jedním komorovým závěsným tryskacím zařízením. Přičemž každé pracoviště licího stroje má být osazena udržovací pecí, robotem, ostříhovacím lisem a chladicí lázní.

### **Obrobna:**

Má být vybavena šestnácti pětiosými obráběcími CNC a čtyřmi mycími zařízeními spolu s jednoúčelovými zařízeními lisování a kontroly těsnosti.

V příloze číslo IV a V jsou uvedeny označení jednotlivých strojů, jejich prostorové požadavky, hmotnosti a další specifika týkající se jejich zástavby.

## **10 Požadavky na plochy nevýrobních prostor**

Velikosti prostorů jsou uvedeny na základě požadavků jednotlivých oddělení, vyplývají z rozměrů současných prostor a berou v potaz budoucí vybavení.

Tabulka požadovaných prostor je uvedena v příloze číslo VI



- **Výpočet skladovací plochy:**

V této části je potřeba určit na základě produkce velikost skladovacích ploch, předávacích zón a ploch pro rozpracovanou výrobu.

- **Stanovení produkce za jednu směnu:**

Produkce za jednu směnu je uvedena v tabulce 9, počty obalů jsou zaokrouhlovány na celá čísla nahoru a předpokládá se, že takt výroby je dán slévárnou.

**Tab. 9 Produkce**

úsek	počet strojů	ks/h	ks/směnu	typ obalu	počet ks v balení	počet obalů
slévárna	1	45	495	GBox	72	7
	8	360	3960			56
obrobná	2	45	495	TRW Box	36	14
	16	360	3960			112

TRW Box: 1210x810x789mm

- **Kapacita skladu**

Pro splnění požadavku na skladování dvoudenní produkce ( počítáno na pět směn) je potřeba uskladnit TRW Boxů:

$$\text{počet boxů} = 112 * 5 = 560 \cong 600 \text{ ks} \quad (7)$$

Při skladování ve čtyřech patrech je potřeba 150 pozic na podlaze. Při skladování v bloku se jedná o plochu například 9720 x 15730 mm. Při uspořádání v řadách po dvou a uličkou 600mm mezi každými dvěma boxy se jedná o plochu například 9720 x 19330 mm (12x13 Boxů).

Navržený expediční sklad 35000x 18000 mm pojme objem dvoudenní výroby.

## 12 Návrh

Návrhy variant jsou provedeny na základě požadavků zákazníka, jednotlivých oddělení a vyhodnocení sebraných dat a informací. Opírají se o závěr analýzy současného stavu (kapitola 8.5) a osobní pozorování výrobního procesu. Byly vytvořeny tři varianty layoutu nové výrobní haly. Všechny návrhy jsou řešeny tak, aby je bylo možné využít. Splňují požadavky jednotlivých oddělení na velikost nevýrobních prostor a odpovídají požadavkům BOZP. V závěrečné části této práce je zhodnocení variant a výběr nejvhodnější varianty k realizaci.

- **Souhrn cílů:**

- umístit halu na pozemek o rozměrech 105 x 85 m, zajistit dostupnost z logistického hlediska
- navrhnout vhodné řešení layoutu
- umístit požadované strojní vybavení (kapitola 9 a Příloha IV a V)
- splnit prostorové požadavky na nevýrobní prostory (kapitola 10 a příloha VI)
- zajistit technologické požadavky jednotlivých operací vhodným uspořádáním
- zajistit, aby bylo dosaženo optimálního materiálového toku
- umístit navržené skladovací prostory ( kapitola 11)

**Poznámka:** Všechny návrhy jsou tvořeny v měřítku, pro účel diplomové práce jsou zobrazeny pouze schematicky bez příslušných kót.

- **Postup při návrhu:**

- První fáze je věnována otázce uspořádání pracovišť, zabývá se volbou technologického či předmětného uspořádání. V závěru této fáze je zdůvodněn výběr daného uspořádání.
- Druhá fáze popisuje návrh půdorysu haly.
- Třetí fáze je zaměřena na předběžný návrh pracovišť, jsou zde definovány rozměry jednotlivých celků a potřebné informace pro celkový návrh layoutu.
- Čtvrtá fáze obsahuje tři návrhy uspořádání layoutu nové výrobní haly. U každé z variant jsou zhodnoceny výhody a nevýhody daného řešení. A v závěru vybráno nejlepší řešení.

Všechny tyto fáze jsou na sobě navzájem závislé a během návrhu se vzájemně prolínaly. V průběhu návrhu bylo využito papírových 2D modelů na kterých byly varianty vyzkoušeny.

## 12.1 Volba uspořádání pracovišť

Na základě výsledků analýzy současného stavu a zkušeností s těmito díly bylo rozhodnuto, že zůstane zachováno současné předmětné uspořádání pracovišť slévárny i obrobny, které přispívá ke kvalitě vyráběných dílů a krátkým průběžným dobám.

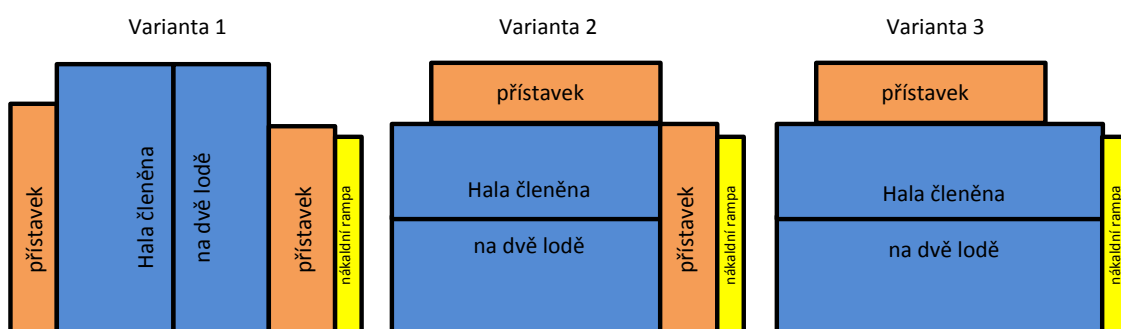
## 12.2 Návrh půdorysu výrobní haly

Návrh půdorysu nové haly byl proveden tak, aby optimálně využil nezastavěnou plochu areálu firmy určenou k výstavbě a při tom byl splněn požadavek vybudování komunikace vedoucí kolem celé haly.

Návrh počítá se stejnou výškou podlah ve všech částech haly. To vyvolává požadavek na srovnání svažujícího se terénu směrem k západu (na obrázku vpravo). Tohoto převýšení bude využito pro vybudování nákladní rampy

Hala bude vybudována z železobetonových prefabrikovaných prvků z důvodu větší životnosti a možnosti umístění mostového jeřábu o nosnosti 25t. Tato práce se dále nezabývá způsobem a technologií výstavby nové haly. Pro potřeby návrhu postačí rozteč sloupů 6000mm (délka jednoho dílce), která určuje délku haly a šířka je pak dána požadavkem zákazníka.

Byly vytvořeny tři návrhy uspořádání, schéma uspořádání jsou znázorněny na obr. 17.

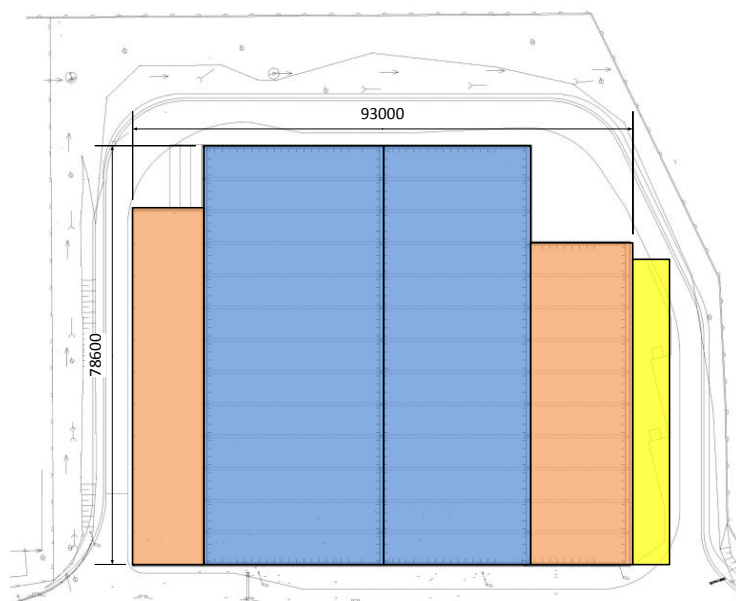


Obr. 17 Půdorys nové haly- varianty

Z těchto navržených variant byla nakonec zvolena varianta číslo 1. Důvodem této volby byl fakt, že ostatní varianty nesplňovaly prostorové nároky, nebo neumožňovali umístit prostory se vzájemnou vazbou.

Na obr. 18 je znázorněna zvolená varianta umístěna v areálu firmy.





Obr. 18 Umístění nové haly

### 12.3 Návrh pracovišť

Třetí fáze návrhu je zaměřena na hrubé uspořádání pracovišť. Před fází návrhu kompletního layoutu výrobní haly, byly definovány celky pracovišť, se kterými bylo následně pracováno jako s bloky. Proces návrhu pracovišť i celého finálního layoutu byl vzájemně propojen, a celý cyklus byl několikrát opakován, než byly vytvořeny konečné varianty.

Uspořádání pracovišť bylo vytvořeno na základě poznatků z analýzy současného stavu, požadavků technologie a rozhodnutí zachovat předmětné uspořádání v prostorách slévárny i obrobny.

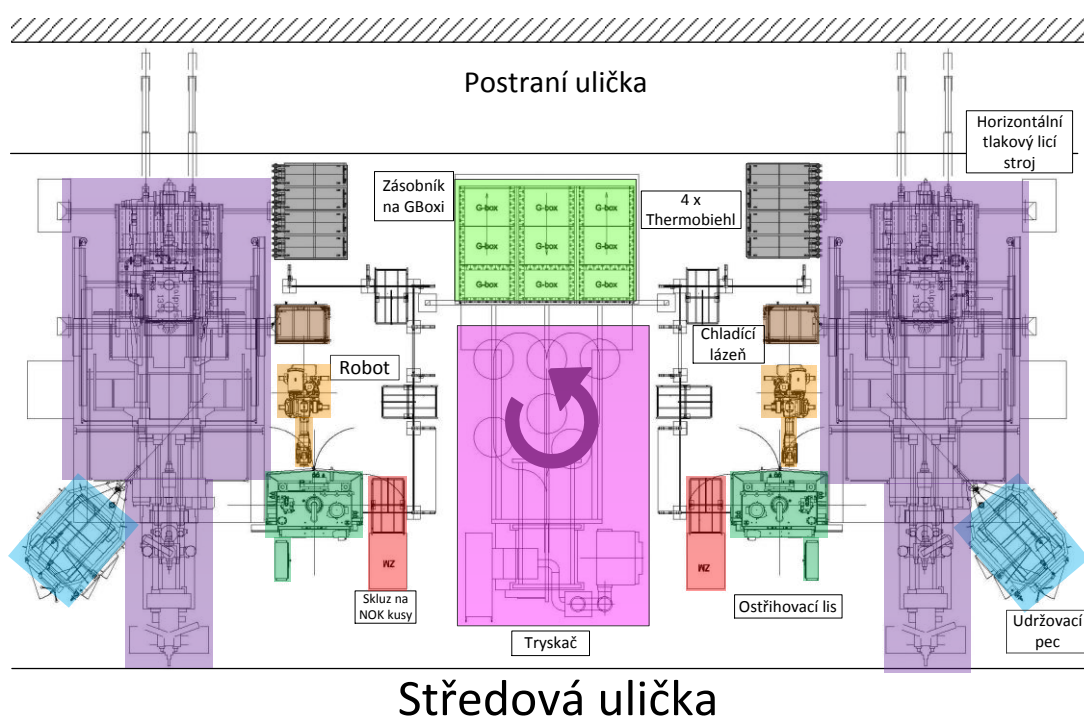
Návrh pracoviště slévárny vychází z původního uspořádání, pro dosažení vhodnějšího materiálového toku bylo modifikováno. Pracoviště obrobny prošlo úplným přepracováním.

#### 12.3.1 Slévárna

U pracoviště slévárny Lití + Ostřih a Tryskání zůstalo zachováno stejné uspořádání, jako je využíváno v současné výrobě. Pro eliminaci křížení materiálového toku čekání obsluhy a odstranění bezpečnostních rizik zjištěných při analýze současného stavu bylo otočeno tryskací zařízení spolu se samospádovým zásobníkem na GBoxy. Tento zásobník byl rozměrově upraven ubráním jednoho pole, čímž bylo docíleno lepšího

prostorového uspořádání, aniž by to mělo vliv na funkčnost. Tato úprava je vidět na obr.19. Díky tomuto otočení jsou hotové díly odváženy boční uličkou a centrální ulička je tím uvolněna pro zavážení udržovacích pecí a odvoz vratného materiálu z ostříhu. Takto vytvořená pracoviště budou v prostorách slévárny dle požadavků umístěny čtyři. V příloze č. V je vidět podrobné schéma.

Toto pracoviště je optimalizováno k výrobě dílu 296 /297, ale díky zvolenému uspořádání byla zachována možnost výroby jiných dílů bez větších zásahů do layoutu.



Obr. 19 Uspořádání pracoviště slévárna

### 12.3.2 Obrobna

Pracoviště obrobny bylo zcela přepracováno. Soupis požadavků na nové pracoviště a jejich řešení je pod tímto odstavcem. V průběhu návrhu byly vytvořeny dvě varianty, které jsou znázorněny na následujících stránkách obr.20 a obr. 21. Jedná se o dvojici „buněk“, které budou v budoucím layoutu umístěny celkem čtyři. Vyhodnocení variant bude po implementaci do layoutu nové výrobní haly v závěrečném hodnocení.

### Požadavky a řešení:

- **požadavek:** Rozšířit pracoviště o čtvrté CNC obráběcí centrum  
**řešení:** Byla navržena technická úprava pracovišť Kontrola + Lisování a Těsnost + Balení, čím by bylo dosaženo navýšení výrobní kapacita. Přidání válečkové dráhy a tím odstranění nadbytečné manipulace, Mycí zařízení disponuje dostatečnou kapacitou, zde není potřeba žádné úpravy (kapitola 8.4.3 tab.8 ).
- **požadavek:** Odstranění nadbytečné manipulace  
**řešení:** Přidání válečkové dráhy
- **požadavek:** Vizualně zpřehlednit pracoviště  
**řešení:** Uspořádáním pracovišť, zjednodušení materiálového toku
- **požadavek:** Zajistit možnost vícestrojové obsluhy.  
**řešení:** Zkrácením vzdáleností strojů, uspořádáním a přidáním válečkové dráhy pro přepravu košů.

### Poznámky:

- Válečkový dopravník je navržen tak, aby byl realizovatelný, přesným technickým řešením se tato práce nezabývá.
- Navýšení výrobní kapacity pracovišť Kontrola + Lisování a Těsnost + Balení bude dosaženo odstraněním nadbytečné manipulace s koši. Dále pak technickou úpravou obou zařízení, možnost této úpravy byla konzultována s oddělením technologie. Tato diplomová práce se řešením dále nezabývá.
- U pracovišť obrábění je počítáno se čtyřstrojovou obsluhou, která je možná díky odstranění nadbytečné manipulace.
- řešení uvedená v souhrnu Požadavků a řešení jsou shodná pro obě varianty

- Varianta A

Symetrické uspořádání dvakrát čtyři obráběcí CNC centra v řadě společně s jedním mycím zařízením doplněným prodlouženou válečkovou dráhou a pracovišti Kontroly + Lisování a Těsnosti + Balení. Odlitky vstupují do této jednotky ze spodu a po bocích vystupují obrobené a zabalené díly určené k expedici.



Obr. 20 Obrobna - Varianta A

Výhody:

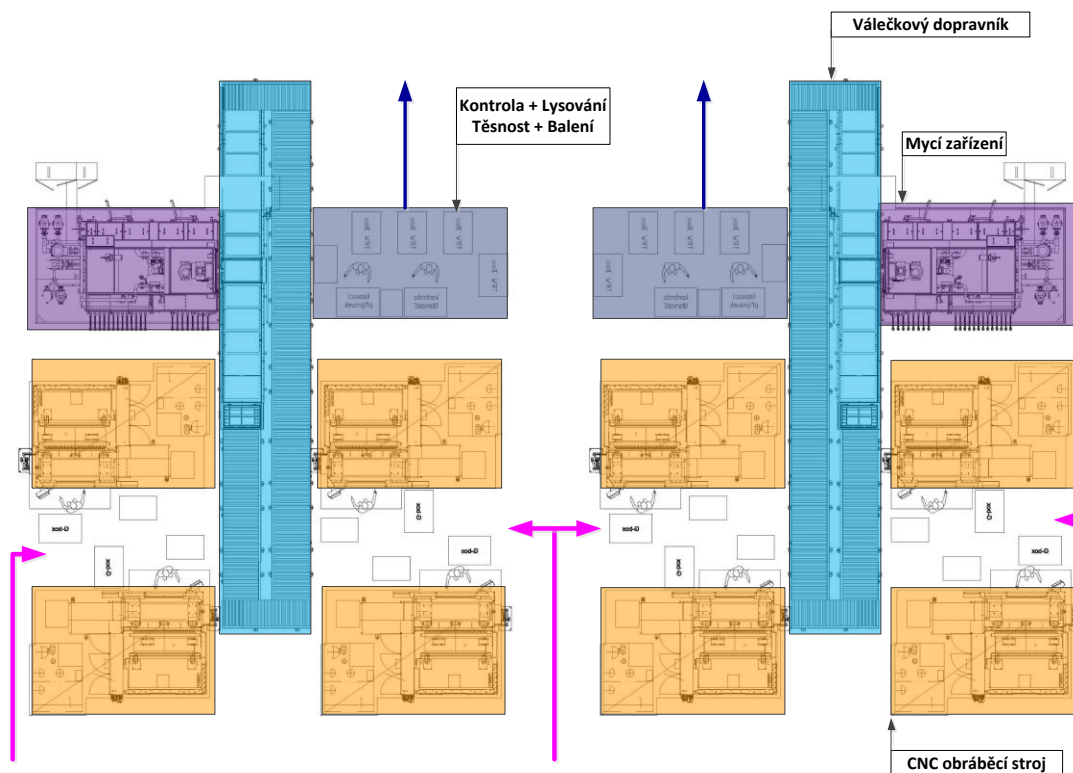
- je možné využít čtyřstrojovou obsluhu u všech strojů
- je možné samostatné umístění bez ztráty využití vícesměnové obsluhy

Nevýhody:

- dlouhá středová ulička, nevýhodné v případě zavážení z jedné strany
- delší a složitější válečkový dopravník
- hotové díly jsou odváženy z boku

- Varianta B

Symetrické uspořádání dvakrát čtyři obráběcí CNC centra v bloku společně s jedním mycím zařízením doplněným prodlouženou válečkovou dráhou a pracovišti Kontroly + Lisování a Těsnosti + Balení. Odlitky vstupují do této jednotky ze spodu po obou stranách a v horní části vystupují středem obrobené a zabalené díly určené k expedici.



Obr. 21 Obrobná - Varianta B

Výhody:

- kratší manipulační vzdálenost, na vstupu i výstupu pracoviště jsou blíže uličce
- kratší a jednodušší válečkový dopravník
- lépe odděleny části (neobrobené / obrobené díly)
- výhodnější umístění pracoviště Kontroly + Lisování a Těsnosti + Balení

Nevýhody:

- u krajních pracovišť jde jen dvoustrojová obsluha
- v případě přidání další jednotky vpravo, nebo vlevo nelze umístit manipulační uličku, je potřeba jednotky objíždět, nebo zrušit vícestrojovou obsluhu.

- **Vyhodnocení variant obrobny**

Obě varianty byly porovnány pomocí hodnotící matice na základě stanovených kritérií tab. 10.

Každému kritériu byla přiřazena důležitost, neboli „Váha“. Její hodnoty byly stanoveny od 1 do 5 (1 bod pro nejméně důležité, 5 bodů pro nejdůležitější). Kritéria jednotlivých variant byla hodnocena počtem bodů též systémem 1 až 5 (1 bod pro nejméně splňující, 5 bodu pro nejvíce splňující dané kritérium). Výsledný počet bodů varianty je pak suma součinu bodů hodnotících kritérium s příslušnou váhou.

**Tab. 10** Hodnotící tabulka- obrobna

Kritérium	Váha	Variant A	Variant B
Materiálový tok: vstup	5	2	4
Materiálový tok: výstup	5	4	5
Manipulační vzdálenost: vstup	4	3	4
Manipulační vzdálenost: výstup	4	3	4
Využití vícestrojové obsluhy	3	5	3
Technická náročnost	2	4	3
Celkový počet bodů		77	92

Na základě vyhodnocení hodnotící tabulky byla vybrána varianta B. Závěr tohoto výběru bude shrnut v závěrečném vyhodnocení celého layoutu.

## 12.4 Návrh variant layoutu

Na následujících stránkách jsou uvedeny tři varianty návrhu layoutu nové výrobní haly. Všechny návrhy splňují požadavky stanovené na začátku projektu. V návrzích jsou schematicky znázorněny jednotlivá zařízení, prostory jsou barevně rozděleny a popsány. Dále jsou zde zobrazeny materiálové toky: oranžová – tavena ze slévárny do slévárny

Růžová – odlitky ze slévárny na obrobnu (v GBoxech)

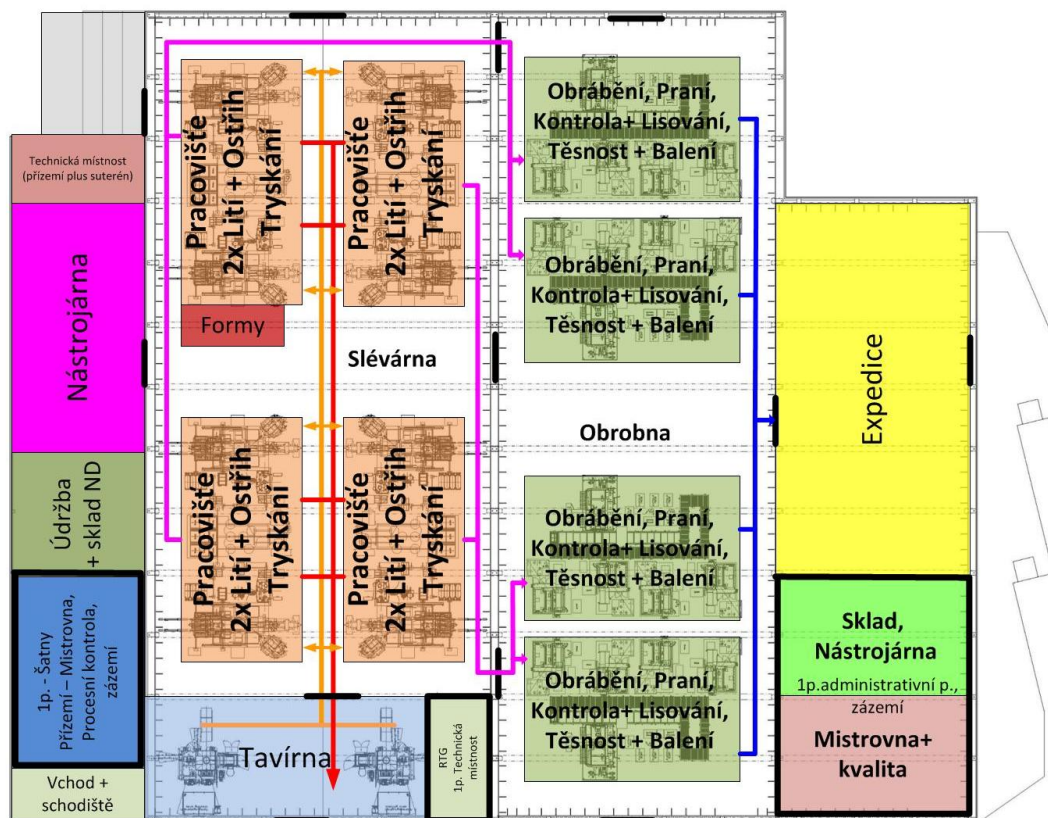
Červená – vratný materiál ze slévárny na taviřnu

Modrá – hotové díly z obrobny do expedice

Jsou zde popsány výhody a nevýhody těchto řešení, v další kapitole jsou pak vyhodnoceny.

### 12.4.1 Varianta 1

Tato varianta je řešena uspořádáním: Tavírna umístěna ve spodní části haly slévárny. Slévárna vlevo – pracoviště umístěny v řadě s prostorem uprostřed. Obrobna vpravo – uspořádání v řadě s prostorem uprostřed. Silně orámované prostory (mistrovna, kontrola, atd.) jsou řešeny dvoupodlažně.



Obr. 22 Layout - Varianta 1

#### Výhody:

- Přehledný a přímý materiálový tok
- Obě mistrovny, kontrola kvality i administrativní prostory jsou umístěny, nejblíže zbývajícím částem areálu firmy
- Prostor před RTG pro GBoxy s díly ve zkoušce
- Nástrojárna uprostřed haly slévárny, stejná vzdálenost od všech strojů

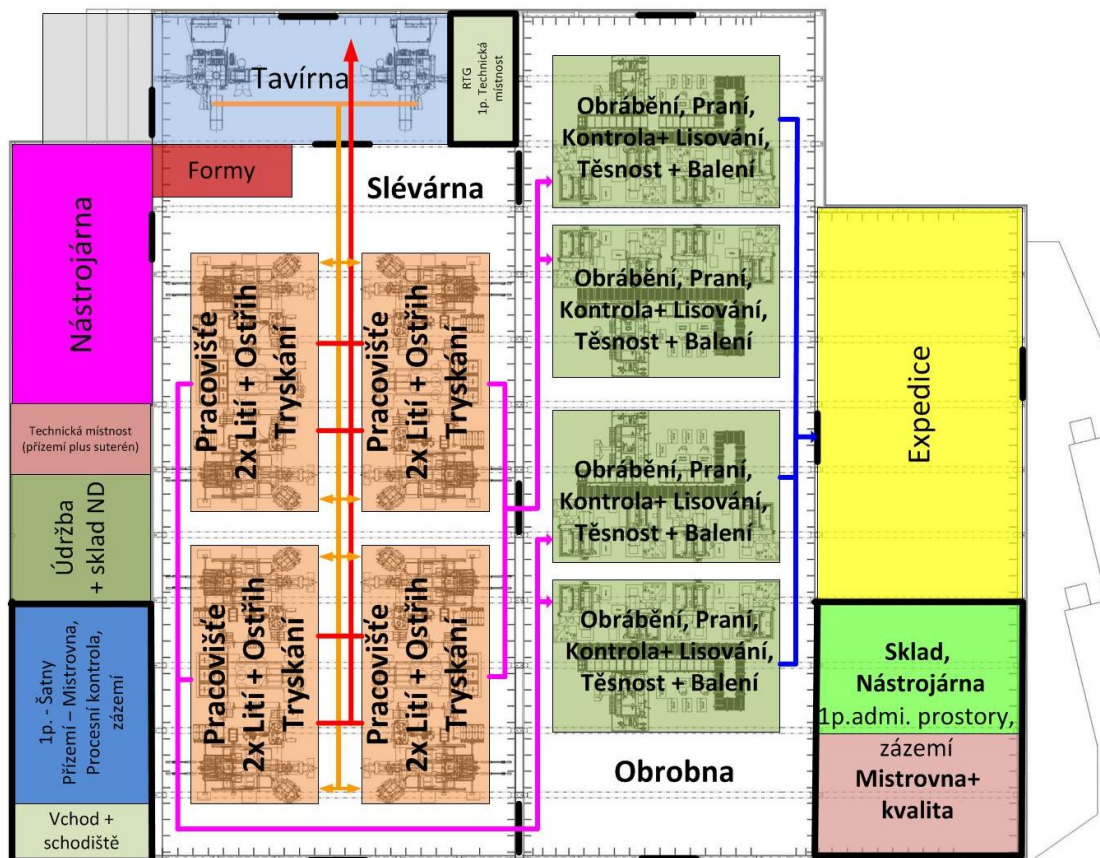
#### Nevýhody varianty:

- Chybí prostor pro skladování materiálu pro tavírnu
- Vrata do prostor slévárny jsou umístěna na méně přístupné straně haly
- Největší materiálový tok (Tavírna – Slévárna) v přední části haly
- Menší prostor pro formy, větší nebezpečí poškození.



### 12.4.2 Varianta 2

Tato varianta je řešena uspořádáním: Tavnírna umístěna v horní části haly slévárny. Slévárna vlevo – pracoviště umístěny v řadě s nahoře před prostory Tavnírní. Obrobna vpravo – uspořádání v řadě s prostorem dole. Silně orámované prostory (mistrovna, kontrola, atd.) jsou řešeny dvoupodlažně.



Obr. 23 Layout - Varianta 2

#### Výhody:

- Přehledný a přímý materiálový tok
- Formy jsou uloženy blízko nástrojárny, nepřekáží provozu
- Možnost skladovat materiál z Tavnírní před halou ve výklenku v levém horním rohu
- Obě mistrovny, kontrola kvality i administrativní prostory jsou umístěny, nejbližší zbývajícím částem areálu
- Před RTG je prostor pro GBoxy s díly ke zkoušce

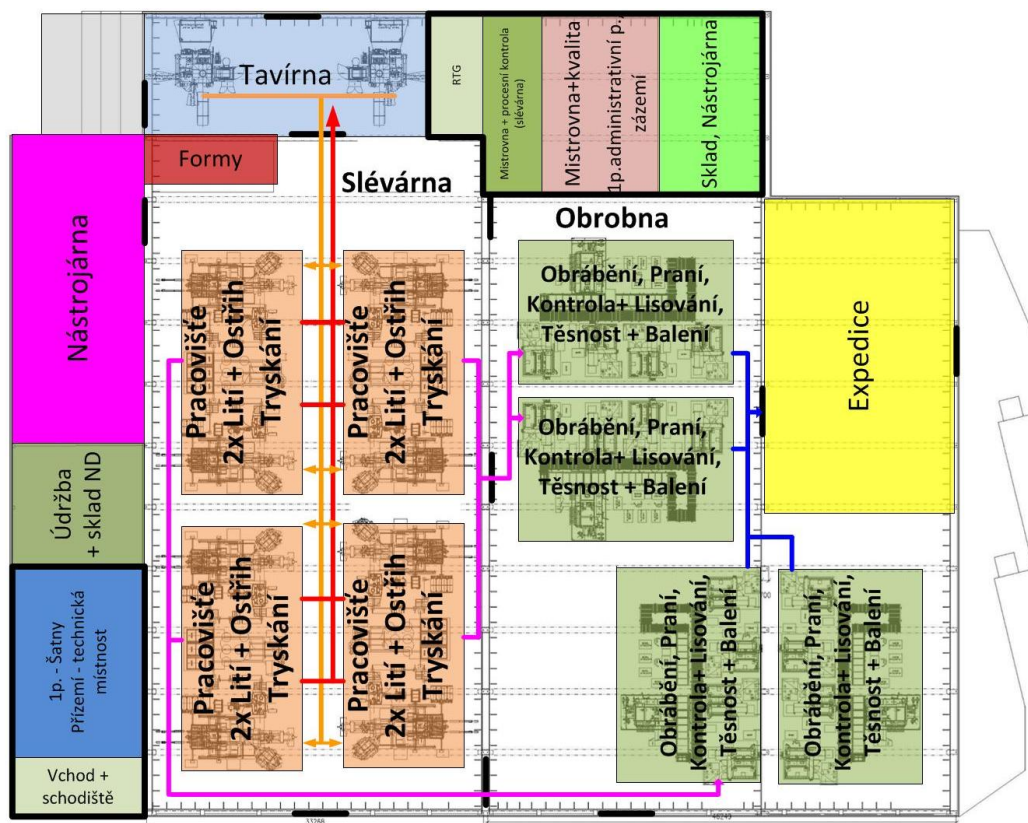
#### Nevýhody:

- místnosti vedení směny (mistrovny, kontrola kvality atd.), administrativní prostory pro slévárnu a obrobnu jsou odděleny



### 12.4.3 Varianta 3

Tato varianta je řešena uspořádáním: Tavírna umístěna v horní části haly slévárny. Slévárna vlevo – pracoviště umístěny v řadě s nahoře před prostory tavírny. Obrobná vpravo – uspořádání do „L“ ve dvou lodích haly s prostorem v dolní části. Silně orámované prostory (mistrovna, kontrola, atd.) jsou řešeny dvoupodlažně.



Obr. 24 Layout - Varianta 3

#### Výhody:

- Všechny místnosti vedení směny (mistrovny, kontrola kvality atd.) a administrativní prostory jsou v těsné blízkosti
- Vznikl prostor na obrobně pro skladování materiálu, nebo umístění zařízení
- Přehledný a přímý materiálový tok
- Formy jsou uloženy blízko nástrojárny, nepřekáží provozu
- Možnost skladovat materiál z tavírny před halou ve výklenku v levém horním rohu
- Před RTG je prostor pro GBoxy s díly ke zkoušce

#### Nevýhody:

- menší sklad expedice
- Jednotka obrobní v pravém dolním rohu je rozdělena sloupky
- Potřeba dvou jeřábů v prostorách obrobní (dvě lodě)
- místnosti vedení směny (mistrovny, kontrola kvality atd.) a administrativní prostory jsou vzdáleny zbytku areálu

## 12.5 Vyhodnocení variant

Pro výběr vhodné varianty řešení byla použita hodnotící matice v tab. 11. Pro hodnocení variant byly zvoleny ukazatele především z hlediska materiálového toku, velikosti skladovacích ploch, ale i vzájemné polohy a vzdálenosti jednotlivých objektů.

Ke každému kritériu byla přiřazena důležitost, neboli „Váha“. Její hodnoty byly stanoveny od 1 do 5 (1 bod pro nejméně důležité, 5 bodů pro nejdůležitější). Kritéria jednotlivých variant byla hodnocena počtem bodů též systémem 1 až 5 (1 bod pro nejméně splňující, 5 bodů pro nejvíce splňující dané kritérium). Výsledný počet bodů varianty je pak suma součinu bodů hodnotících kritérium s příslušnou váhou.

Tab. 11 Hodnotící tabulka –Celý layout

Kritérium	Váha	Varianta 1	Varianta 2	Varianta 3
Materiálový tok - slévárna	5	3	4	4
Materiálový tok obrobna	5	4	4	4
Převážovací vzdálenosti -slévárna	4	3	3	3
Převážovací vzdálenosti - obrobna	4	3	3	4
Využitelnost dalších ploch- slévárna	3	2	4	4
Využitelnost dalších ploch- obrobna	3	3	4	4
Možnost uložení forem	3	3	5	5
Prostor před RTG	2	2	4	4
Uspořádání strojního vybavení	3	4	4	2
Prostory pro materiál tavný	4	1	4	4
Celkové uspořádání nevýrobních prostor	3	2	3	3
Potřeba dalších zařízení	3	5	5	1
Vzájemná poloha kanceláří vedení směny	2	3	3	5
<b>Celkový počet bodů</b>		<b>130</b>	<b>169</b>	<b>159</b>

Na základě tohoto vyhodnocení byla zvolena varianta 2. Tato varianta nejlépe vyhovuje stanoveným kritériím. Splňuje všechny stanovené požadavky jednotlivých oddělení firmy a společně s uspořádáním obrobny varianty B bude doporučena k realizaci.

Schéma uspořádání nového layoutu je společně s uspořádáním pracovišť uvedeno v příloze VII, VIII a IX.

### 13 Závěr

Cílem této diplomové práce byl návrh layoutu nové výrobní haly firmy KSM Castings a.s. pro výrobu dílů 296 / 297 a nových dílů z této výrobkové rodiny. Celý projekt vznikl na základě požadavku zákazníka společnosti TRW Automotive GMBH požadující od roku 2014 šestinásobné navýšení produkce právě těchto dílů.

Po důkladném seznámení s výrobou firmy KSM Castings CZ a.s. a především s technologií výroby požadovaných dílů 296 / 297. Byla provedena analýza současného stavu, o jejíž poznatky se opírá návrh budoucí haly. Tato analýza byla zaměřena především na materiálový tok a je popsána v kapitole 8. V závěru této části jsou obsaženy nalezené nedostatky a doporučení, která jsou uplatněna v návrhu.

V části návrhu nové haly byl vytvořen optimální půdorys haly, pro který byly navrženy tři varianty řešení layoutu. Z těchto variant bylo vybráno nejvhodnější řešení zobrazené v příloze číslo IX. Toto řešení splnilo všechny požadavky stanovené na začátku projektu, bylo umístěno veškeré požadované strojní vybavení a skladovací plocha, byly splněny prostorové požadavky jednotlivých oddělení. Odstranilo některé nedostatky zjištěné analýzou současného stavu. Mezi hlavní přínosy tohoto řešení patří zkrácení manipulačních vzdáleností, zjednodušení materiálových toků a zpřehlednění celé výroby.

Tato práce se dále zabývala detailním layoutem pracoviště slévárny a obrobny, které doplňují tento celek:

V novém návrhu pracoviště slévárny došlo k modifikaci původního pracoviště a díky otočení tryskacího zařízení společně se zásobníkem na GitterBoxy byl odstraněný problém s křížením materiálových toků odhalený analýzou současného stavu. Touto úpravou bylo odstraněno čekání a bezpečnostní rizika, ke kterým docházelo odvozem odlitků a zavážením udržovacích pecí jednou uličkou. Toto řešení je zobrazeno v příloze číslo VII.

Pracoviště obrobny bylo kompletně přepracováno. Na základě požadavku nalézt způsob pro umístění čtvrtého obráběcího CNC centra bylo pracoviště doplněno automatickým válečkovým dopravníkem a navrženy kroky vedoucí ke zvýšení výrobní kapacity původní jednotky. Nově navržená jednotka byla sestavena ze čtyř CNC obráběcích center uspořádaných do bloku, což umožňuje využít čtyřstrojovou obsluhu, došlo ke zjednodušení manipulace a zpřehlednění a zjednodušení toku materiálu. Návrh je uveden v příloze číslo VIII.

Všechna tato navržená řešení by měla vést ke zlepšení kvality výrobku a zvýšení produktivity, dále návrhy splňují požadavky zákazníka a všech oddělení firmy a budou doporučeny k realizaci.

## 14 Použitá literatura

- [1] **LIKER, Jeffrey K.** *Jak to dělá Toyota*. Praha : Management Press, 2008. ISBN 978-80-7261-173-7.
- [2] **PERNICA, Petr.** *Logistický management*. Praha : RADIX, 1998. ISBN 80-86031-13-6.
- [3] **SIXTA, Josef; MAČÁT, Václav.** *Logistika : teorie a praxe*. Brno : CP Books, 2005. ISBN 80-251-0573-3
- [4] **NORMA ČSN 26 9010** : *Manipulace s materiálem. Šířky a výšky cest a uliček* Praha: Český normalizační institut. 1993. Třídící znak 269010
- [5] **NORMA ČSN EN 1264-1.** *Světlo a osvětlení – Osvětlení pracovních prostorů – Část 1: Vnitřní pracovní prostory*. . Praha: Český normalizační institut. 2004. Třídící znak 360450.
- [6] **IPA slovakia** : *Analýza a vytváranie materiálových tokov* [online]. 1999 , 2012 [cit. 2012-04-03]. Dostupný z WWW: <[http://www.ipaslovakia.sk/slovník\\_view.aspx?id\\_s=195](http://www.ipaslovakia.sk/slovník_view.aspx?id_s=195) >.
- [7] **IPA slovakia** : *DMAIC* [online]. 1999 , 2012 [cit. 2012-04-12]. Dostupný z WWW: <[http://www.ipaslovakia.sk/slovník\\_view.aspx?id\\_s=48](http://www.ipaslovakia.sk/slovník_view.aspx?id_s=48)>.
- [8] **IPA slovakia** : *Projektovanie materiálového toku* [online]. 1999 , 2012 [cit. 2012-04-03]. Dostupný z WWW:<[http://www.ipaslovakia.sk/slovník\\_view.aspx?id\\_s=137](http://www.ipaslovakia.sk/slovník_view.aspx?id_s=137)>.
- [9] **MATHAUSEROVÁ, Zuzana:** *Hluk v pracovním prostředí* [online]. Vystaveno 13.11.2007 [cit. 2012-04-23]. Dostupný z WWW: <<http://www.szu.cz/tema/pracovni-prostredi/hluk-v-pracovnim-prostredi>>.
- [10] **MATHAUSEROVÁ, Zuzana:** *Mikroklimatické podmínky vnitřního prostředí pracoviště* [online]. Vystaveno 14.11.2007 [cit. 2012-04-21]. Dostupný z WWW: <<http://www.szu.cz/tema/pracovni-prostredi/mikroklimaticke-podminky-vnitriho-prostredi-pracovist>>.
- [11] **MATHAUSEROVÁ, Zuzana:** *Vibrace přenášené na člověka* [online]. Vystaveno 13.11.2007 [cit. 2012-04-23]. Dostupný z WWW: <<http://www.szu.cz/tema/pracovni-prostredi/vibrace-prenasene-na-cloveka>>.
- [12] Interní materiály KSM Castings CZ a.s.

## 15 Seznam příloh

### Obrázky

Obr. 1	DMAIC [7]	11
Obr. 2	Technologické uspořádání [2]	13
Obr. 3	Předmětné uspořádání [2]	14
Obr. 4	Analýza materiálového toku [6]	16
Obr. 5	Rovnice materiálového toku [8]	18
Obr. 6	Sídlo KSM Castings CZ a.s. [12]	24
Obr. 7	Pozemky KSM Castings CZ a.s. [12]	27
Obr. 8	Rozdělení prostorů KSM Castings CZ a.s	29
Obr. 9	Tok materiálu celou firmou	32
Obr. 10	Díl 296 [12]	33
Obr. 11	Interní balení – Gbox	34
Obr. 12	Schéma operací	35
Obr. 13	Nitkový diagram 296 / 297	36
Obr. 14	Materiálový tok 296 / 297	39
Obr. 15	Materiálový tok 296 / 297 – obrobna	40
Obr. 16	Přecházení pracovníků 296 /297 – obrobna	41
Obr. 17	Půdorys nové haly- varianty	48
Obr. 18	Umístění nové haly	49
Obr. 19	Uspořádání pracoviště slévárna	50
Obr. 20	Obrobna - Varianta A	52
Obr. 21	Obrobna - Varianta B	53
Obr. 22	Layout - Varianta 1	55
Obr. 23	Layout - Varianta 2	56
Obr. 24	Layout - Varianta 3	57

### Tabulky

Tab. 1	Tabulka osvětlení [5]	20
Tab. 2	Průchodové uličky [4]	22
Tab. 3	Manipulační ulička 1 [4]	23
Tab. 4	Manipulační ulička 2 [4]	23
Tab. 5	Díl 296 a 297	33
Tab. 6	Operace 296 / 297 1/2	37
Tab. 7	Operace 296 / 297 2/2	38
Tab. 8	Časy operací	41
Tab. 9	Produkce	45
Tab. 10	Hodnotící tabulka- obrobna	53
Tab. 11	Hodnotící tabulka –Celý layout	57

## Seznam příloh

### 1) Tavení

Proces, tavení probíhá v šachtové peci. Slitina hliníku je tavena z hliníkových housek a vratného materiálu v poměru 40 / 60. Zavážení šachtové pece zajišťuje pracovník tavírny pomocí vysokozdvížného elektrického vozíku. Vlastní proces tavení je řízen zcela automaticky.

Při zavážení udržovacích pecí tlakových licích strojů postupuje takto. Pomocí vysokozdvížného dieselového vozíku přiveze převozový kelímek určený pro převoz roztaveného materiálu. Ten umístí pod výpust šachtové tavící pece. Vysokozdvížným vozíkem odjede do bezpečné vzdálenosti. Pomocí páky ovládání, nakloní šachtovou tavící pec tak, aby začal vytékat roztavený hliník do převozového kelímku. Po naplnění kelímku páku uvolní, aby se šachtová pec vrátila do základní polohy. Pomocí vysokozdvížného vozíku nabere a převeze kelímek k zařízení FDU (zařízení pro úpravu taveniny). Tam jej opět nechá a vozíkem poodjede do bezpečné vzdálenosti. Do roztaveného materiálu přidá rafinační sůl a zapne cyklus FDU. Po skončení cyklu očistí rotor FDU pomocí speciální lopatky a odebere nečistoty, které vypluly na hladinu roztaveného hliníku. Opět vozíkem nabere převozový kelímek a převeze jej do prostor slévárny. Zde pomocí táhla otevře víko udržovací pece a následně do ní naleje dávku roztaveného materiálu. Opět víko uzavře a odjede do prostor tavírny.

### 2) Lití + Ostřih

Pracoviště lití a ostřihu je zcela automatizované a veškerou manipulaci s odlitkem zajišťuje robot ABB.

Cyklus licího stroje začíná sjezdem Wollinové hlavy mezi pevnou a pohyblivou polovinu formy, následuje ostřík ošetřovací kapalinou za účelem vyčištění formy. Po vyjetí Wollinové hlavy zpět do základní polohy je forma uzavřena, následuje zalití komory roztavenou slitinou z udržovací pece, vstříknutí do formy za pomoci pístu a finální dotlak. Po otevření stroje je odlitek za pomoci vyhazovačů vysunut z formy do čelistí robota. Ten jen vyjme z licího stroje. Tím cyklus licího stroje končí a začíná nový ostřihem formy.

Během cyklu licího stroje robot vyjmutý odlitek umístí před čidla celistvosti, kde proběhne kontrola celistvosti odlitku a vtokové soustavy. Následně jej ochladí ve vodní lázni, odstraní vtokovou soustavu a vloží do upínače, aby se uvolnil pro manipulaci s již ostřiženým odlitkem, který je v ostřihovacím lisu založen z předchozího cyklu. Ostřižený odlitek odloží na skluz, kde jej odebere operátor. Robot opět vyjme odlitek z upínače a vloží jej do ostřihovacího lisu. Mezitím proběhl cyklus licího stroje a robot se přesune do pozice vyjmutí odlitku, tím je cyklus robota na konci. Je spuštěn ostřih odlitku v ostřihovacím lisu a vše začíná od začátku.

Čas cyklu tlakového licího stroje udává takt výroby, veškeré operace jsou podřízeny tomuto času.

### 3) Tryskání

Operátor odebere odlitek ze skluzu, na který jej odložil robot. Provede kontrolu na kalibr TF3-169 a pod lupou kontrolu na praskliny. Dále provede zapilování dle aktuálního pilovacího vzorku. Shodný kus zavěsí na závěs tryskače. Toto opakuje, dokud není závěs tryskače plný (to je 16 ks).

Po naplnění zaveze závěs do tryskače a spustí cyklus. Pokračuje se zavěšováním odlitků na druhý závěs. Po dokončení cyklu vytáhne závěs z tryskače a převezde jej na konec dráhy, kde otryskané odlitky postupně svěsí. Za pomoci vzduchové pistole každý zbaví nalepeného tryskacího materiálu, provede kontrolu dle kontrolní návodky a uloží do GBoxu dle návodky interního balení. Případné neshodné kusy umístí do bedny na zmetky.

Poznámka: Převoz plných GBoxů provádí manipulant slévárny pomocí vysokozdvížného elektrického vozíku.

### 4) Obrábění

Před každým založením odlitků operátor opláchne dosedací plochy hydraulického upínacího přípravku obráběcího stroje. Potom vyjme dva odlitky z GBoxu umístěného u obráběcího stroje, založí do upínacího přípravku obráběcího stroje a spustí cyklus. Po skončení cyklu vyjme obrobené odlitky ze stroje a odloží na pracovní stůl umístěný vedle stroje. Nyní je opět na začátku, provede oplach, založení nových odlitků a spuštění nového cyklu. Během cyklu obráběcího stroje provede ruční oplach obrobků obrobených v předchozím cyklu v připravené nádobě a kontrolu kalibrem. Zkontrolované obrobky umístí do pracovního koše. Po naplnění pracovního koše (18ks) ho odveze na automatický dopravník pračky.

### 5) Praní

Proces praní probíhá zcela automaticky. Operátor přiveze práci koš ke vstupnímu dopravníku pračky. Koš přemístí na pneumatické zvedací zařízení, zvedne koš pomocí tohoto zařízení a následně koš přesune na dopravník. Zvedací zařízení vrátí do základní polohy. Takto lze umístit až čtyři koše. Automat si řídí proces praní a dopravu košů. Po skončení cyklu operátor **Kontroly a Lisování** koš odebere z výstupního dopravníku stejným způsobem jako při vkládání, pouze v opačném pořadí.

Celý cyklus obsahuje praní a sušení ve vakuové sušičce umístěné na konci výstupního dopravníku. Tyto dva procesy mohou probíhat současně.

## **6) Kontrola + Lisování**

Operátor vyjme obrobený a vypraný kus z pracího koše, provede kontrolu dle kontrolní návodky a shodný díl založí do lisovacího zařízení a spustí cyklus. Po dokončení cyklu kus vyjme, zkontroluje na trhliny v oblasti lisování dle kontrolní návodky. Shodné díly označí osobním razítkem a uloží do koše před stanicí těsnosti. NOK kusy odkládá do bedny pro zmetky se zálisky.

## **7) Kontrola těsnosti**

Operátor vyjme zalisovaný díl z koše, vloží do zařízení pro měření těsnosti a spustí cyklus. OK díl zkontroluje na přítomnost zálisků, označí zelenou tečkou a zabalí dle balícího předpisu pro expediční balení. NOK kusy odloží do bedny pro zmetky se zálisky. Kompletně zabalený Box odveze pomocí paletového vozíku do předávacího prostoru Obrobna STAMY.

## **8) Expedice**

Nakódované a uvolněné bedny manipulant expedice přemístí pomocí vysokozdvizného elektrického vozíku do prostor expedice, odtud probíhá nakládka nákladního automobilu určeného k expedici zákazníkovi.



Šachtová lící pec:

**StrikoMelter MT I 3000 / 1000**

Rozměry (d x š x v) 5960 x 3685 x 8100 mm

Manipulační prostor 8570 x 8250 mm



Počet kusů :2 ks

Udržovací pec:

**WESTOMAT® 900 SL ProDos**

Rozměry (d x š x v) 2700x2000x1500mm



Počet kusů :8 ks

Lící stroj:

**Italpresse IP 1350 SC**

Rozměry (d x š x v) 10750 x 4054 x 3910 mm

Délka vyjetého sloupu: 3950 mm



Počet kusů :8 ks

Robot:

**ABB IRB 6644-180 Foundry Plus**

Akční rádius: 2550mm



Počet kusů :8 ks

Tryskací zařízení:

**TAUSS 5/13 - ST**

Rozměry (d x š x v) 4400 x 2200 x 3400mm

Délka dráhy závěsů: 4700mm



Počet kusů :4 ks

Požadované strojní vybavení

Ostřihovací lis:

**Reis SEP SEP 13 - 65**

Rozměry (d x š x v) 2200 x 1560 x 4030mm

Hmotnost: 10 t

Přítlačná síla: 650 kN



Počet kusů :8 ks

Pětiosé obráběcí CNC centrum:

**STAMA MC 526/TWIN**

Rozměry (d x š x v) 5845x 4730 x 3110 mm



Počet kusů :16 ks

Mycí zařízení:

**BVL 2 s automatickým dopravníkem**

Rozměry (d x š x v) 6600x3600x2500mm

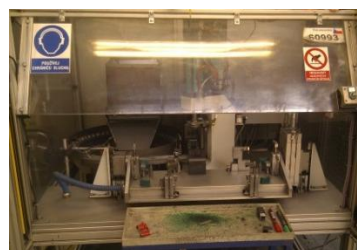


Počet kusů :4 ks

Jednouúčelové zařízení:

**Lisovací přípravek 296/297**

Rozměry (d x š x v) 1200x900x1800mm



Počet kusů :4 ks

**Těsnicí přípravek 296/297**

Rozměry (d x š x v) 1200x900x1800mm

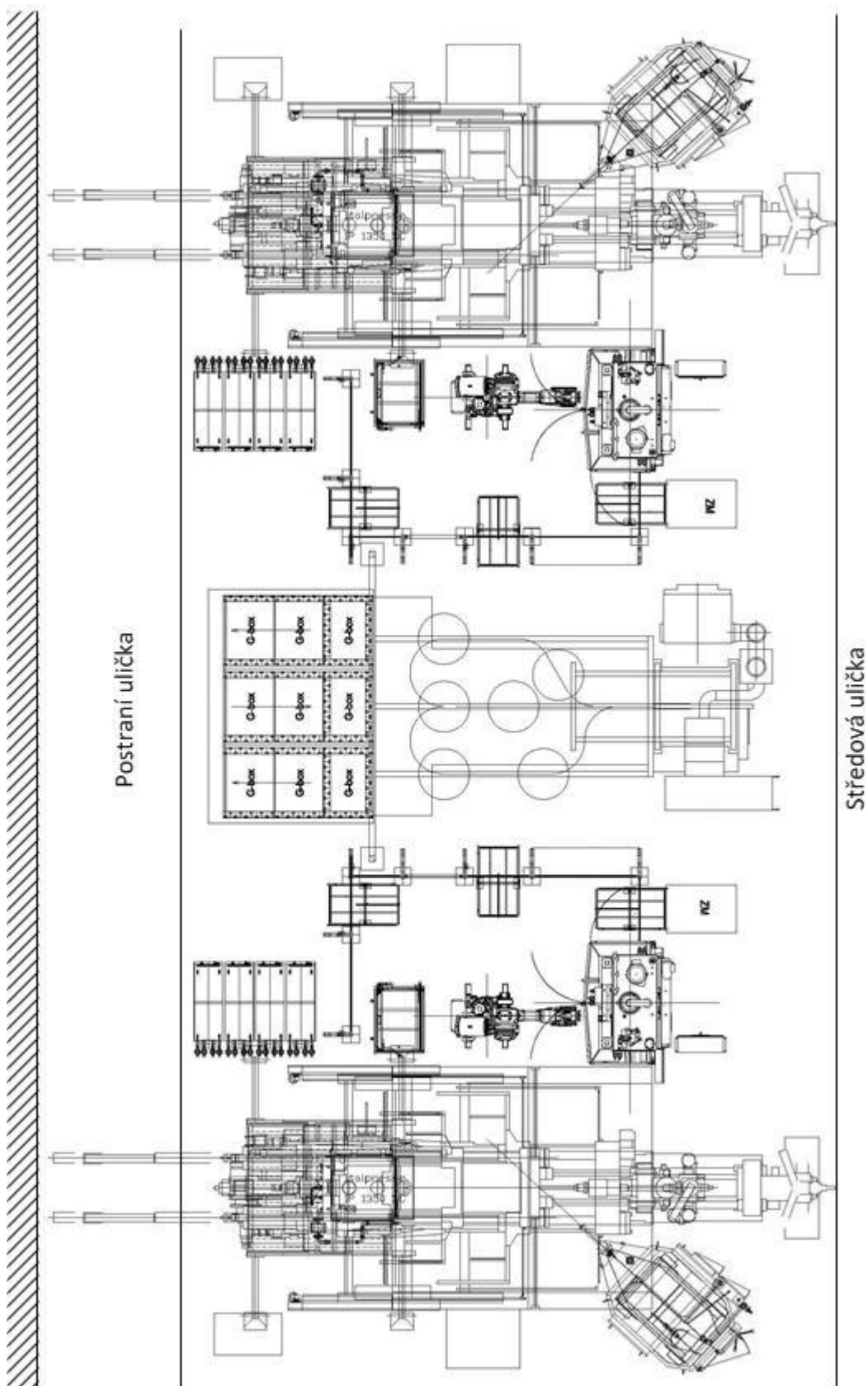


Počet kusů :4 ks

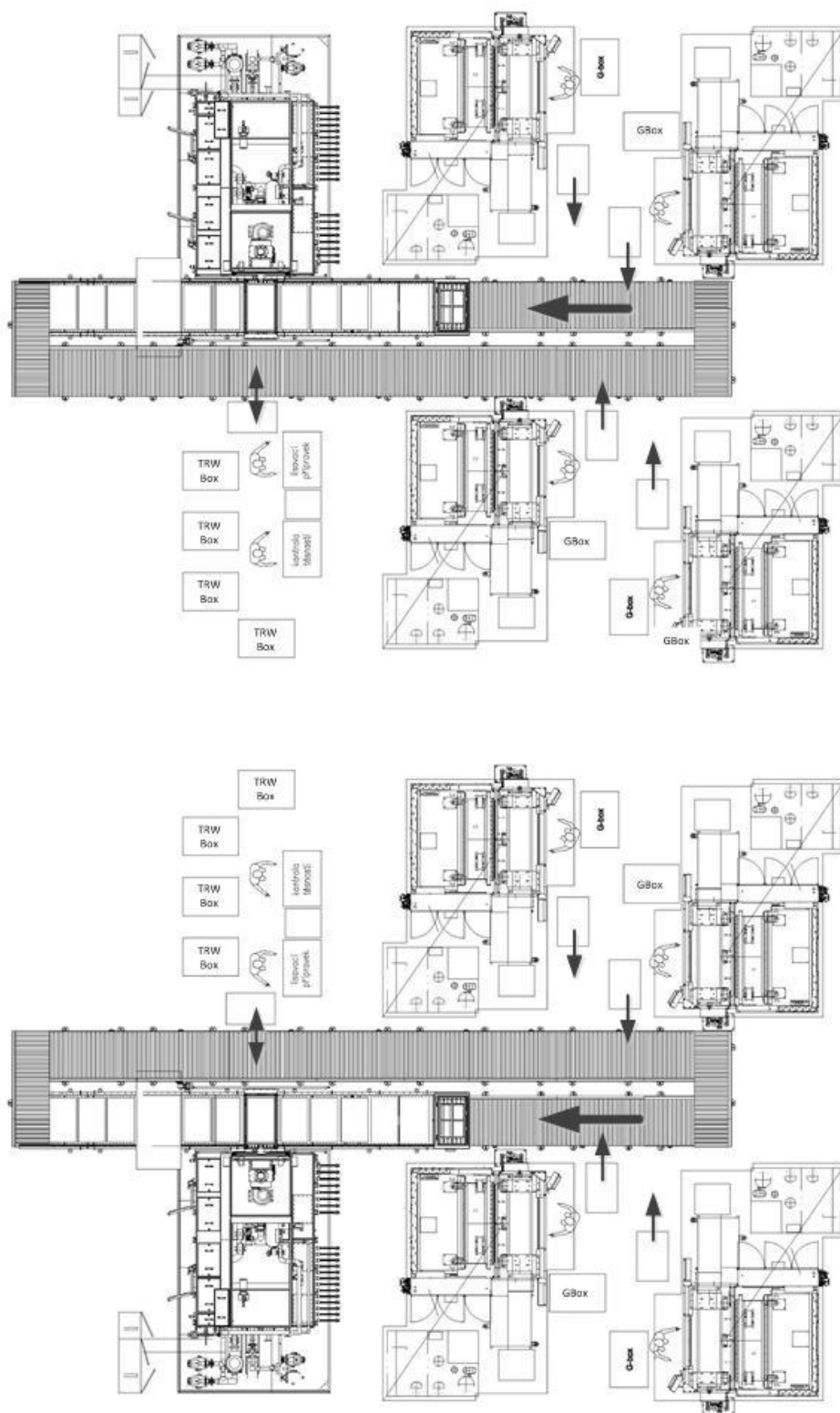
Požadované strojní vybavení

<b>Požadované velikosti nevýrobních prostorů</b>	
<b>Prostory slévárny</b>	
<b>označení místnosti</b>	<b>plocha v m<sup>2</sup></b>
Nástrojárna	280
Údržba	105
Procesní kontrola	42
Mistrovna	22
RTG	30
Skladování forem	54
<b>Prostory obrobny</b>	
Kontrola kvality	55
Mistrovna	22
Nástrojárna	30
Sklad náhradních dílů	40
<b>Společné prostory</b>	
Šatny	180
Administrativní prostory	150
Technické místnosti	150, 70
Zázemí pro zaměstnance	50

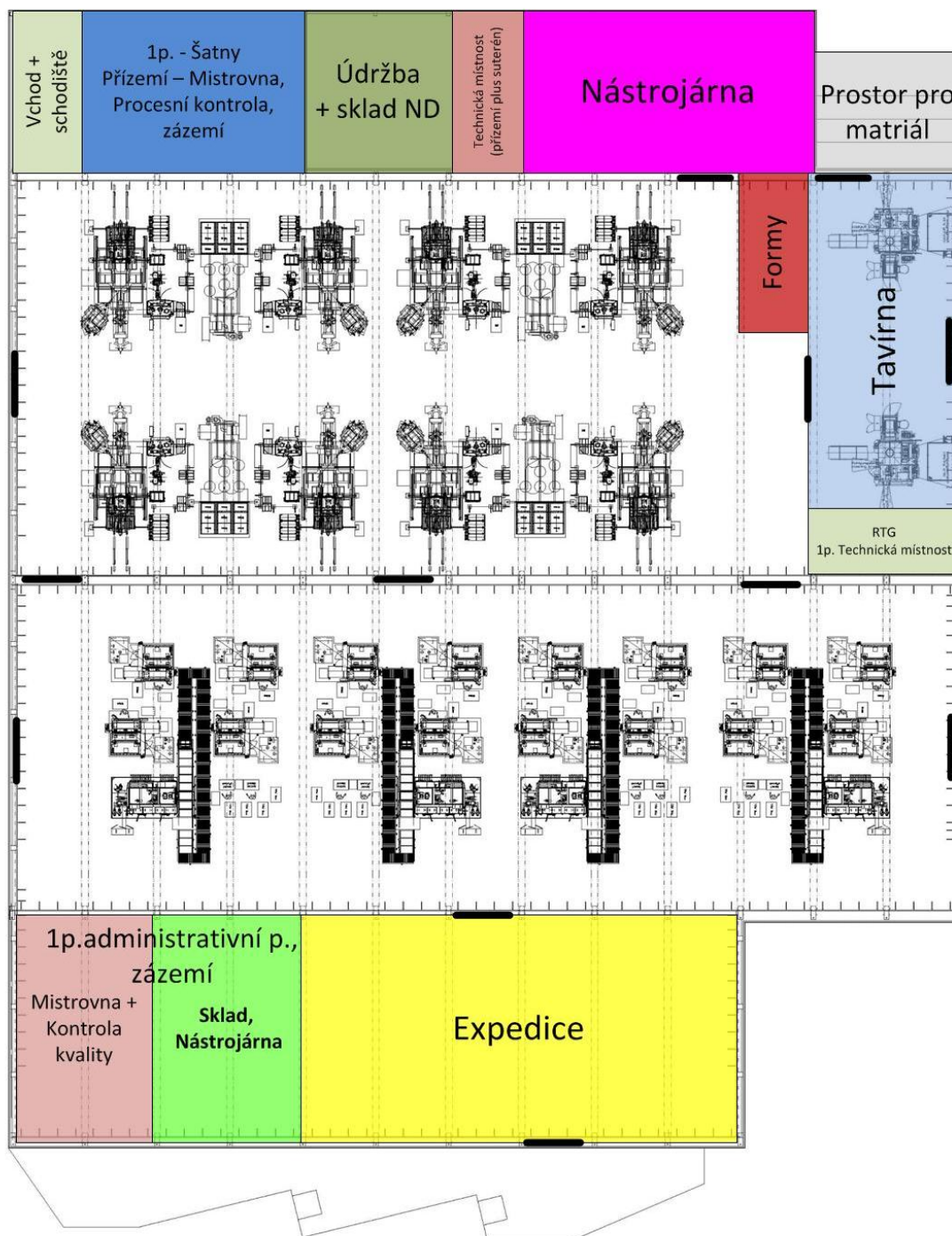
Tabulka požadovaných ploch nevýrobních prostorů



Návrh výrobní jednotky pro slévárnu



Návrh výrobní jednotky pro obrobnu



Finální návrh layoutu nové výrobní haly